



**Comune di Forino**  
**Provincia di Avellino**



**STUDIO GEOLOGICO**

Allegato 4

***Microzonazione Sismica di Forino***  
***Relazione illustrativa e indagini HVSR***

*Consulenza geologica:*

Geol. Antonio Viggiano

*Collaboratore:*

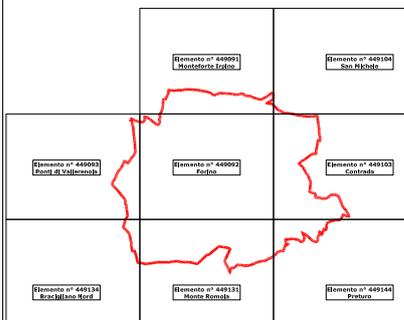
Geol. Mattia Lettieri



**Sindaco dott. Antonio Olivieri**

**Assessore all'urbanistica ing. Carmine Lima**

**Progettista e Rup geom. Maurizio Silvestro Tironese**





PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009 n.77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Illustrativa

Regione Campania  
Comune di Forino



Regione  
Campania

Soggetto Realizzatore  
geol. Vittorio Emanuele Iervolino

Data  
29 ottobre 2019

Collaboratore  
geol. Francesco Petrosino



## Sommario

1. Introduzione.....	3
1.2 Definizione di Microzonazione Sismica.....	4
1.2 Microzonazione Sismica di Livello 1 .....	5
2. Pericolosità di Base ed Eventi di Riferimento .....	7
2.1 Pericolosità di Base .....	7
2.2 Eventi di Riferimento di natura tettonica .....	13
3. Assetto Geologico e Geomorfologia dell'area .....	14
3.1 Geologia .....	14
3.2 Geomorfologia .....	15
4. Dati Geotecnici e Geofisici.....	17
4.1 Dati di riferimento .....	17
4.2 Caratterizzazione geotecnica.....	17
5. Modello del Sottosuolo .....	19
6. Interpretazioni ed Incertezze.....	23
7. Metodologie di elaborazione e risultati.....	24
8. Elaborati cartografici .....	25
8.1 Carta delle indagini.....	25
8.2 Carta geologico-tecnica.....	26
8.2.5 Sezioni Geologiche Realizzate.....	26
8.3 Carta delle MOPS.....	28
9. Bibliografia .....	29



## 1. Introduzione

Il Comune di Forino per lo Studio di Microzonazione Sismica di Livello 1 (O.P.C.M. n°4007 del 29/02/2012) ha conferito incarico al sottoscritto geol. Vittorio Emanuele Iervolino, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Campania al n°2392, – con disciplinare di incarico del 20/06/2019.

L'area oggetto di studio non comprende l'intero territorio comunale (in giallo in Figura 1) ma soltanto la zona urbanizzata (in rosso), come chiaramente definito dalla O.P.C.M n°4007/2012 e dal D.D. n°1279 del 27/10/2016 della Regione Campania.

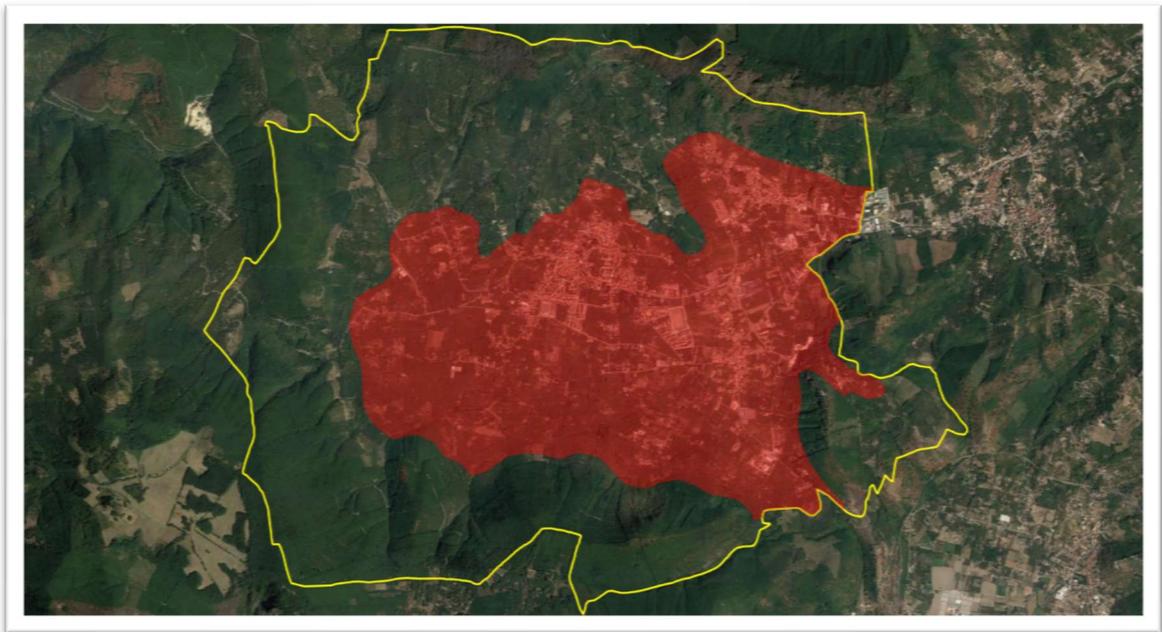


Figura 1: La porzione di territorio di Forino oggetto di questo studio di Microzonazione Sismica



## 1.2 Definizione di Microzonazione Sismica

Per Microzonazione Sismica (MS) si intende la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo ed in dettaglio:

- **Zone stabili** dove il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante (zone dove gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base);
- **Zone stabili suscettibili di amplificazione locale** del moto sismico dove il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litologiche, stratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- **Zone suscettibili di instabilità** dove sono presenti fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc).

Lo Studio di MS fornisce pertanto una base conoscitiva della pericolosità sismica locale e consente di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico e può essere eseguito con tre diversi livelli di approfondimento:

- il **livello 1** è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, al fine di suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee;
- il livello 2 introduce l'elemento quantitativo associato alle zone omogenee, utilizzando ulteriori e mirate indagini e definisce una vera carta di MS;
- il livello 3 restituisce una carta di MS con approfondimenti su tematiche o aree particolari.



## 1.2 Microzonazione Sismica di Livello 1

Questo lavoro definisce la Microzonazione Sismica di Livello 1 per l'area urbana del comune di Forino (area in rosso in Figura 1), basata su:

- **linee guida di riferimento** emanate dal Dipartimento di Protezione Civile:
  - Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (2008)
  - Standard di rappresentazione cartografica ed archiviazione informatica - Versione 4.0b (2015)
  - Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC) versione 1.0 2015,
  - instabilità di versante sismo indotte (FR) versione 1.0 2017;
  - liquefazione (LQ) versione 1.0 2017
- **l'analisi di tutta la bibliografia tecnica disponibile** nell'intorno dell'area di studio nelle varie tematiche specialistiche (geologiche, idrogeologiche, geotecniche e storiche) ed elencate in bibliografia;
- **l'analisi di tutta la cartografia tematica disponibile** ed in dettaglio:

### **Topografia**

- Carte Topografiche dell'IGM 1:25.000;
- Carta Tecnica Regionale 1:5.000 del comune di Forino;
- Modello Digitale del Terreno – Lidar – Ministero dell'Ambiente

### **Geologia, Idrogeologia e Vulcanologia**

- Carta Geologica d'Italia 1:100.000 – Foglio 185 "Salerno";
- Carta Geologica d'Italia 1:50.000 – Foglio 449 "Avellino";
- Sondaggi Profondi e Indagini del Sottosuolo – ISPRA (2016);
- Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale 1:250.000 (2007);

### **Dissesto Idrogeologico**

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale (2015);
- Inventario Fenomeni Franosi in Italia - Progetto IFFI;

### **Sismicità**

- Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale;
- Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani dal 1000 al 2014;
- Catalogo delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane (DISS)



- **la raccolta di tutte le indagini geognostiche disponibili** per il territorio comunale ed in dettaglio:
  - Relazione geologica per il PRG di Forino (1985) del geol. De Iasi, con la realizzazione di n°20 sondaggi a carotaggio continuo e spinti fino a 30 metri di profondità dal piano campagna e n°66 SPT nei fori di sondaggio;
  - Prime considerazioni sullo sprofondamento avvenuto nel giugno 2005 nella piana di Forino (AV) dei geol. Del Prete e Santo, in cui sono stati realizzati n°6 sondaggi tra i 30 e gli 80m di profondità dal p.c.;
  - N°1 sondaggio profondo della Banca Dati dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA)
  - N° 8 indagini sismiche HVSR, realizzate dallo Scrivete per questo studio specialistico
- **la realizzazione di carte tematiche specialistiche di Microzonazione Sismica di Livello 1** in scala 1:5.000 e nello specifico:
  - Carta delle indagini;
  - Carta geologica tecnica per la microzonazione sismica;
  - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS)



## 2. Pericolosità di Base ed Eventi di Riferimento

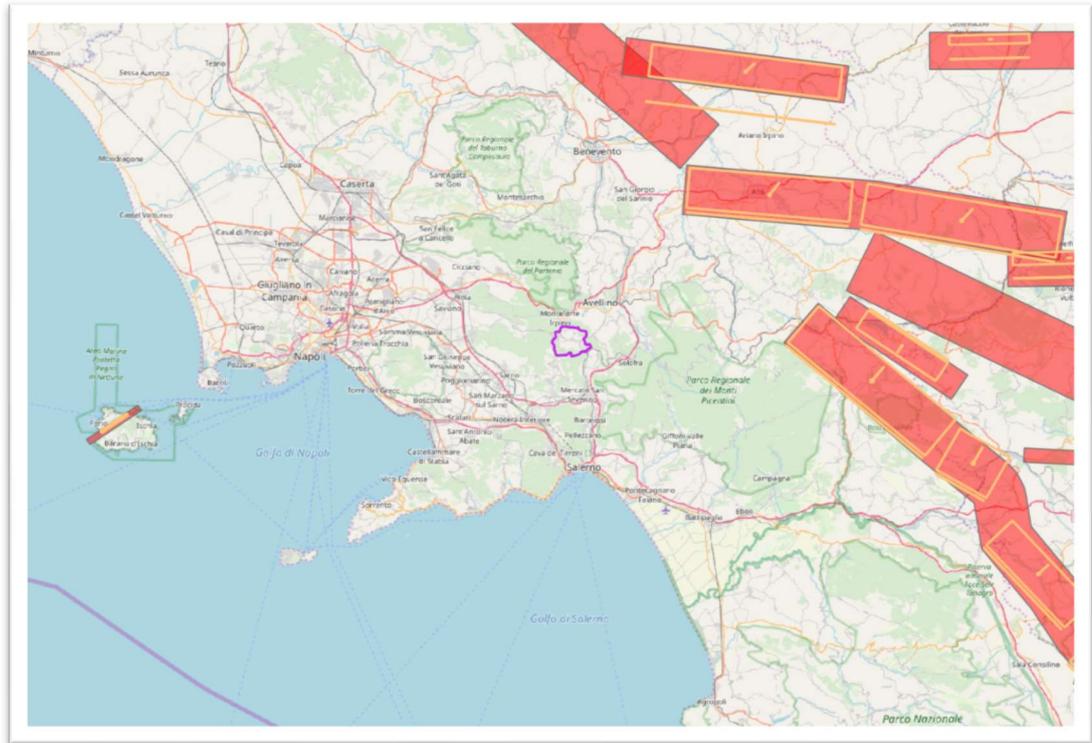
### 2.1 Pericolosità di Base

Prendendo a riferimento il Progetto DISS (Database of Individual Seismogenetic Sources) l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) mette a disposizione una raccolta di informazioni sui rapporti tra geologia, tettonica attiva e sismicità di tutto il territorio nazionale, individuando sia le sorgenti sismogenetiche che possono generare terremoti sia una stima del loro potenziale.

I dati sono stati quindi elaborati in modo da definire tre tipologie di sorgenti sismogenetiche:

- **Le sorgenti sismogenetiche individuali** dati molto dettagliati, già individuate in letteratura, mappate in campagna e definite in base a un set completo di caratteristiche geometriche (direzione, immersione, lunghezza, larghezza e profondità), cinematiche (direzione di moto) e sismologiche (spostamento del singolo evento, magnitudine attesa, tasso di slip, intervallo di ricorrenza);
- **Le sorgenti sismogenetiche composite** sono regioni di forma allungata che contengono un non specificato numero di sorgenti lineari sismogenetiche che non possono essere individuate singolarmente, poiché non hanno un set caratteristico di evidenze geometriche, cinematiche e sismologiche e non sono associate con una specifica distribuzione di terremoti;
- **Le sorgenti sismogenetiche dubbie** sono faglie attive proposte in letteratura scientifica come potenziali sorgenti sismogenetiche ma che, con i dati a disposizione, non sono state ancora considerate abbastanza attendibili da poter essere inserite nel database.

Nell'intorno del comune di Forino e più in generale per tutta la fascia costiera della regione Campania non ci sono evidenze di sorgenti sismogenetiche; ma prendendo a riferimento una fascia di rispetto di 100km dal perimetro comunale è possibile individuare tra i 45 e 80km numerose sorgenti sismogenetiche (individuali o composite) con magnitudo compresa tra 6,2 e 6,9 (Figura 2).



**Figura 2: Progetto DISS per Campania Settentrionale (INGV, 2015)**

Di seguito la tabella con l'elenco di tutte le sorgenti sismogenetiche individuate, nell'intorno dei 100km dal comune di Forino.

Distanza da Forino	Sorgente Sismogenetica	Tipo di Sorgente Sismogenetica	Max Magnitudo
28 km	Ufita	Individual	6,6
28 km	Mirabella Eclano - Monteverde	Composite	6,7
38 km	Tammaro Basin	Individual	6,6
32 km	Miranda Apice	Composite	6,6
38 km	Pago Veiano - Montaguto	Composite	6,9
43 km	Ariano Irpino	Individual	6,9
34 km	Colliano	Individual	6,8
34 km	Irpinia - Agri Valley	Composite	6,8
72 km	Aquae Iuliae	Individual	6,5
70 km	Venafro	Composite	6,5
63 km	Boiano Basin	Individual	6,6
45 km	Pescopagano	Individual	6,2
44 km	Andretta - Filano	Composite	6,9
42 km	Conza della Campania - Tolve	Composite	6,2
49 km	Bisaccia	Individual	6,7
61 km	San Gregorio Magno	Individual	6,2

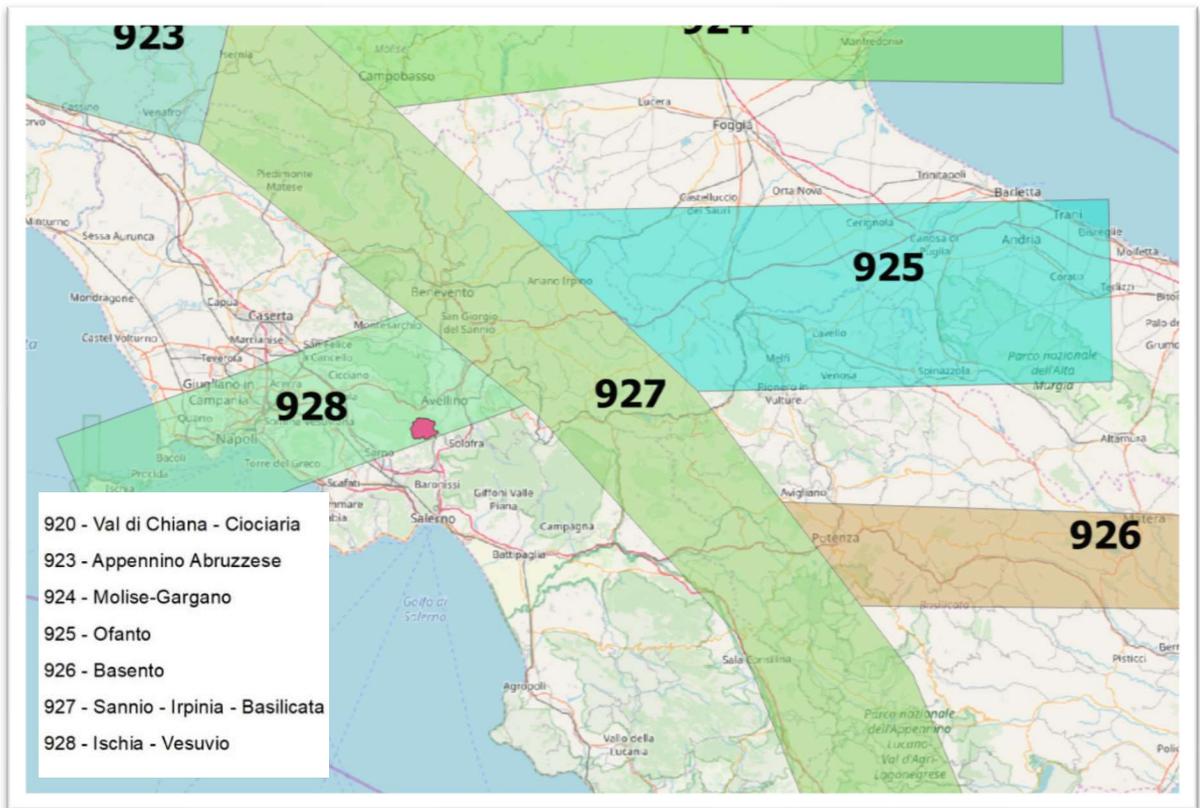
Per maggiori dettagli su ogni singola sorgente sismogenetica si rimanda al SitoWeb del progetto DISS <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/DISS321>.



Un quadro d'insieme generale della pericolosità sismica di tutto il territorio nazionale viene dato dalla Zonazione Sismogenetica ZS9 (Figura 3) che raccoglie tutte le conoscenze sismotettoniche del nostro paese (compresi il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 e i dati delle sorgenti sismogenetiche del progetto DISS), unite a dati recenti di ultimi terremoti verificatisi tra il 2000 e il 2002 al di fuori di zone sismogenetiche.

Il territorio nazionale viene così suddiviso in zone sorgente ognuna delle quali caratterizzata da un intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti e dal meccanismo focale di faliagezione prevalente.

Facendo riferimento a questa rappresentazione, Forino ricade all'interno della Zona 928, caratterizzata da un valore massimo di magnitudo pari a 5,91; il comune è però prossimo alle Zone 927 e 925 rispettivamente con un valore di magnitudo massima di 7,06 e di 6,83.



**Figura 3: Zonazione sismogenetica ZS9**



Con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28/04/2006 viene accolto un aggiornamento della mappa di pericolosità sismica di riferimento del territorio nazionale (basata proprio sulle ZS9) elaborata dal gruppo di lavoro "MPS Protezione Civile – INGV 2004" ed espressa in accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (riferita a suoli rigidi) dove il territorio comunale di Forino rientra in una zona con accelerazione orizzontale massima al suolo  $a_g$  compresa negli intervalli 0.175 e 0.200 /g (Figura 4).

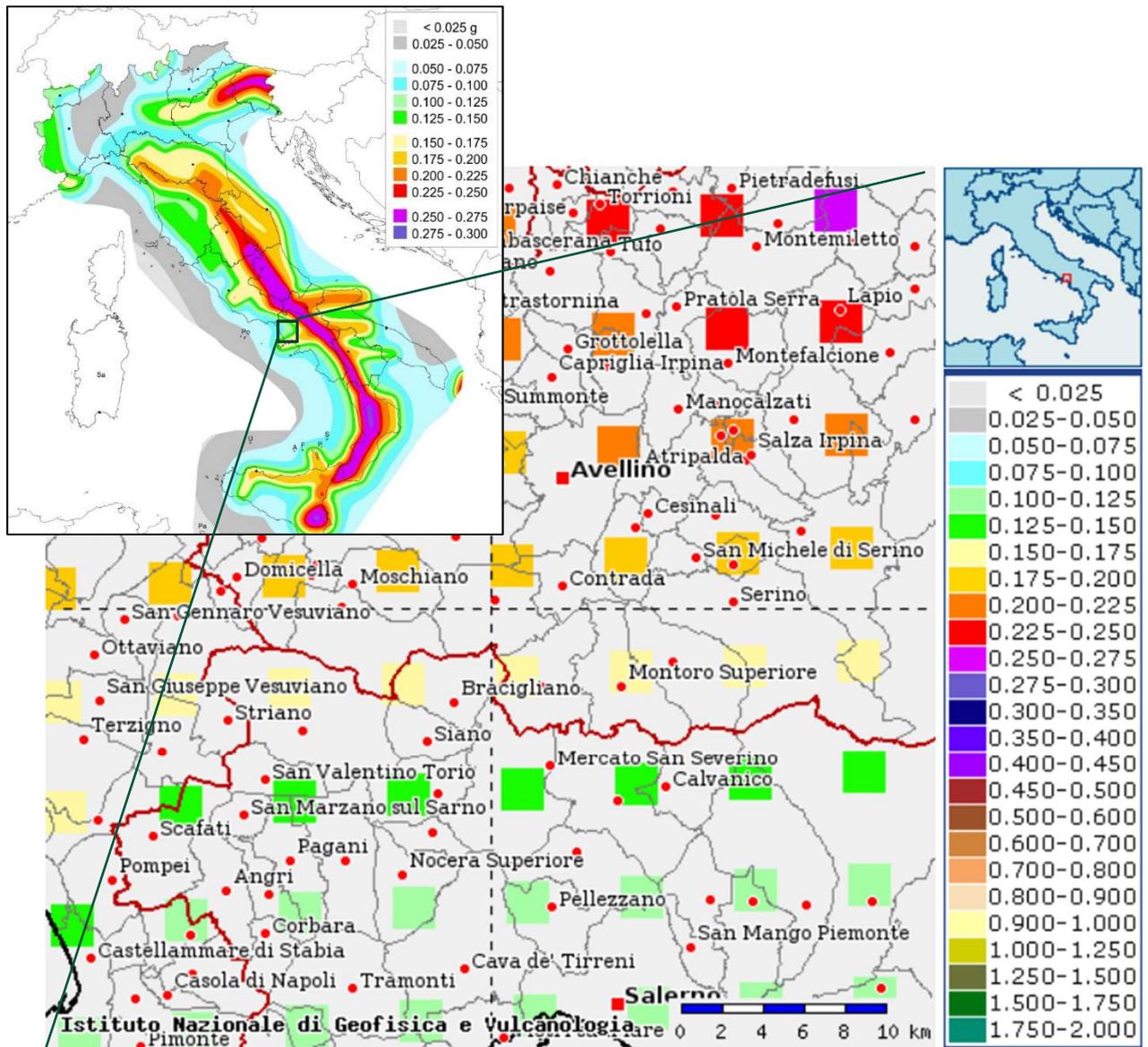


Figura 4: Mappa di Pericolosità Sismica, elaborata nel 2004 e accolta da OPCM 3519 del 2006



La disaggregazione della pericolosità sismica è un'operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale, espressa in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M.

Espresso in altri termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- $\epsilon$  dove  $\epsilon$  rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R.

In base alla disaggregazione dei valori di accelerazione orizzontale di picco su suolo rigido con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, sono stati ottenuti i valori medi e modali di magnitudo e di distanza, per il sito di coordinate Latitudine 40.860° e Longitudine 14.734°. Si ottiene la griglia di disaggregazione M-R riportata in Figura 5, in cui il contributo percentuale alla pericolosità sismica è dato da terremoti di magnitudo compresa tra 4.5 e 5.5, con epicentro atteso ad una distanza di poco inferiore ai 15 km (eventi con magnitudo maggiore sono attesi progressivamente a distanze maggiori e con contributi via via minori).

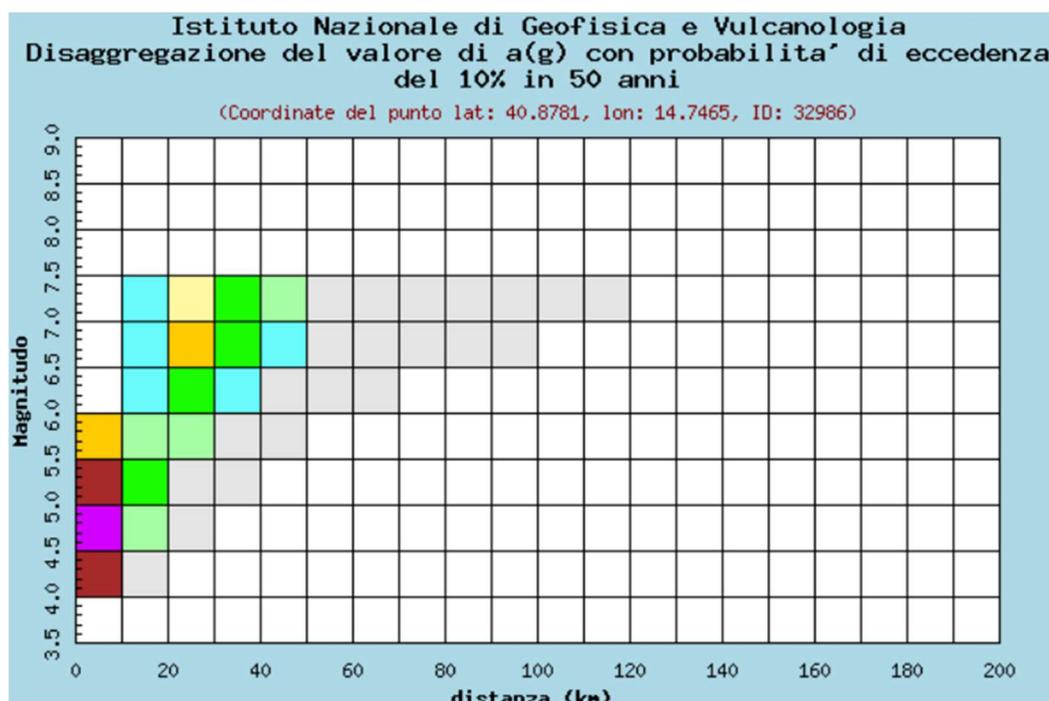


Figura 5: Dati di disaggregazione (INGV, 2006)



In Figura 6 è riportato il valore medio di magnitudo pari a 5.590 e la distanza tra tutti quelli presenti nella griglia (15.400) ed anche la relativa deviazione standard  $\epsilon$  pari a 1.130.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 40.8781, lon: 14.7465, ID: 32986)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	11.700	22.500	13.200	5.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.629	2.630	3.530	2.980	1.620	1.860	1.240	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.046	0.763	2.180	3.730	5.330	4.220	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.015	0.547	1.850	3.540	3.420	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.039	0.676	1.880	2.040	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.131	0.748	0.796	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009	0.265	0.359	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.079	0.166	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.072	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.026	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.590	15.400	1.130

**Figura 6: Dati di disaggregazione (INGV, 2006)**



## 2.2 Eventi di Riferimento di natura tettonica

L'INGV mette a disposizione in rete il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15): un insieme di dati omogenei macrosismici e strumentali relativi ai terremoti con intensità massima  $\geq 5$  o magnitudo  $\geq 4.0$ , nella finestra temporale dall'anno 1000 al 2014 (<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>).

Discretizzando il dato per una fascia di rispetto di 100km dal comune di Forino e considerando solo eventi con magnitudo superiore a 5.2, è possibile elencare nella tabella che segue i maggiori terremoti storici, ordinati in funzione della magnitudo.

Year	Mo	Da	Epicentral	IoDef	MwDef
1794	6	12	Irpinia	7	5,26
1982	8	15	Irpinia	6	5,32
1125	10	11	Benevento	7-8	5,33
1517	3	29	Irpinia	7-8	5,33
1913	10	4	Molise	7-8	5,35
1741	8	6	Irpinia	7-8	5,44
1851	8	14	Vulture	7-8	5,48
1499	12	5	Nola	8	5,56
1561	7	31	Penisola sorrentina	8	5,56
1853	4	9	Irpinia	8	5,6
2002	11	1	Molise	7	5,72
1826	2	1	Potentino	8	5,74
2002	10	31	Molise	7-8	5,74
1910	6	7	Irpinia-Basilicata	8	5,76
1120	3	25	Valle del Garigliano	8-9	5,8
1273	12	18	Potenza	8-9	5,8
1293	9	4	Sannio-Matese	8-9	5,8
1625	8	0	Vulture	8-9	5,8
1627	9	6	Capitanata	8-9	5,8
1692	3	4	Irpinia	8	5,88
1466	1	15	Irpinia-Basilicata	8-9	5,98
1361	7	17	Subappennino <u>dauno</u>	9	6,03
1962	8	21	Irpinia	9	6,15
1731	3	20	Tavoliere delle Puglie	9	6,33
1561	7	31	Vallo di Diano	9	6,34

Figura 7: La localizzazione dei terremoti sopra elencati a mostrare come la maggiore concentrazione degli eventi sismici si localizza proprio in prossimità della dorsale appenninica in cui è possibile differenziare diverse sorgenti sismiche.



## 3. Assetto Geologico e Geomorfologia dell'area

### 3.1 Geologia

Il comune di Forino è caratterizzato da un bacino endoreico bordato da rilievi montuosi calcarei di età cretacea che – procedendo verso valle - passano ad uno spesso strato di depositi alluvionali e piroclastici. Nel centro della piana la successione di depositi terrigeni/calcarei risulta ribassata a gradinata, come schematizzato nella pubblicazione di Del Prete ed Alii 2008 (Figura 8), da una serie di faglie attive durante il Plio-Quaternario.

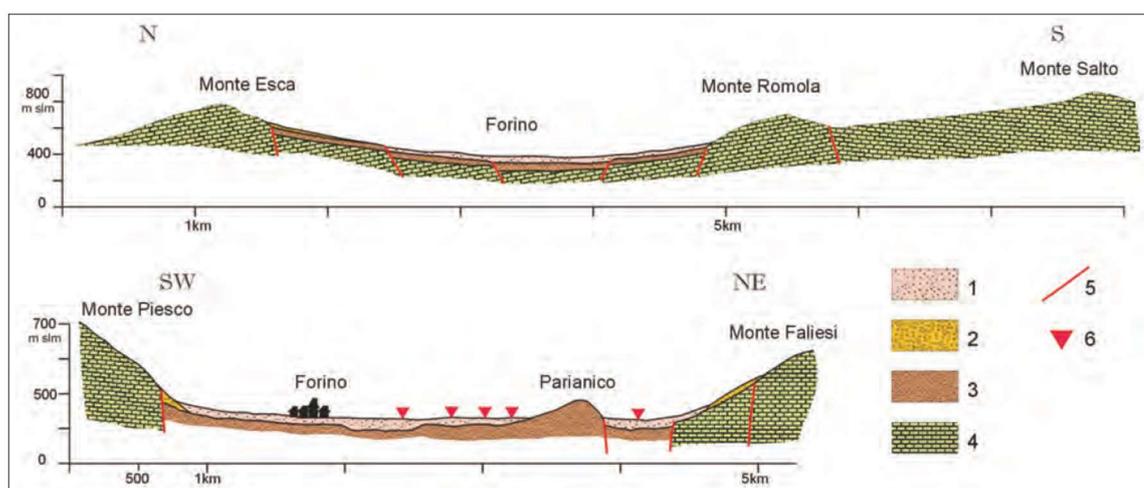


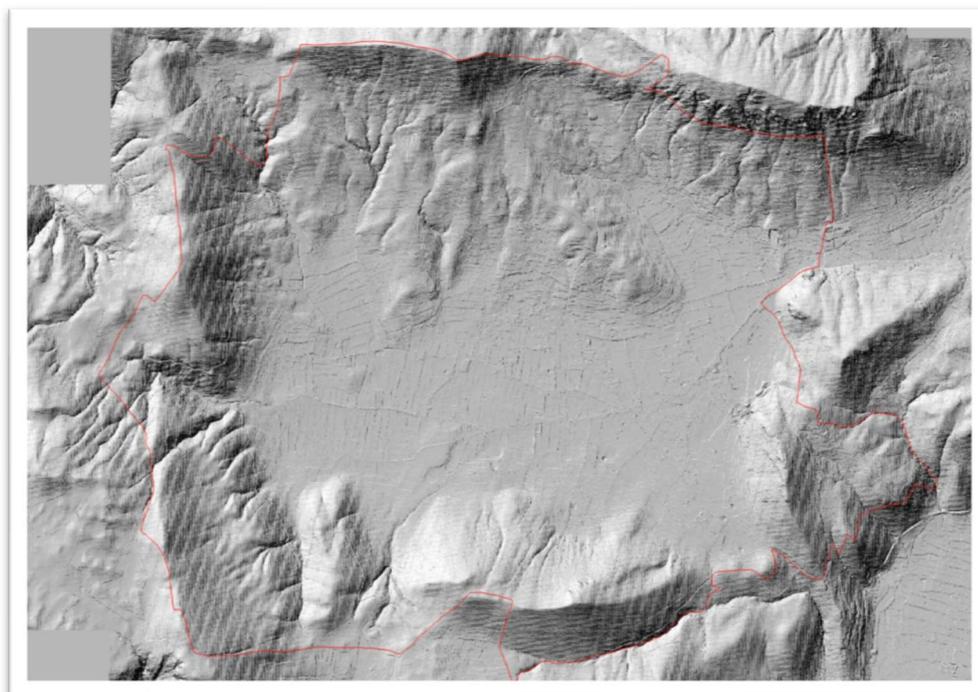
Figura 8: Sezioni Geologiche dell'area di studio

Prendendo a riferimento le indagini geognostiche disponibili (ed elencate in dettaglio nei capitoli successivi) è possibile definire per la zona di fondo valle una successione di depositi sabbiosi di natura piroclastica, più o meno grossolani, che passano con uno spessore che in genere non supera i 10m a limi sabbiosi, senza mai incontrare il substrato carbonatico.



## 3.2 Geomorfologia

La geomorfologia dell'area è tipica di bacino endoreico, bordato da rilievi montuosi che si attestano su quote variabili tra i 600 e gli 800m sul livello del mare (Figura 9). A seguito di eventi pluviometrici importanti le acque di ruscellamento superficiale generano frequenti fenomeni di trasporto solido e alluvionamento, dovuti anche per la presenza di copertura piroclastica spazialmente diffusa su tutti i rilievi carbonatici; alla base dei quali si rinviene quindi un'ampia fascia detritico colluviale e soprattutto nella porzione meridionale del comune, diversi corpi di conoide alluvionale.



**Figura 9: Modello Digitale del Terreno del Comune di Forino**

In prossimità di Celzi insiste un inghiottitoio che raccoglie tutte le acque di ruscellamento superficiale, ma molto spesso l'elemento morfologico non riesce da solo a far defluire tutte le acque meteoriche che vanno così ad allagare vaste porzioni di territorio e molto spesso anche il centro urbano.

Per quanto riguarda l'idrologia dell'area, è possibile individuare tre distinti complessi idrogeologici:

- Complesso calcareo dell'unità picentino-taburno  
Successione di calcari dolomitici, calcareniti e calcilutiti in facies di retroscogliera, a costituire un acquifero fessurato.  
Grado di permeabilità: Elevato  
Tipo di Permeabilità: Fratturazione e Carsismo



- Complesso dei depositi epiclastici continentali  
Derivanti da trasporto gravitativo e/o idraulico di breve percorso: falde detritiche di versante e depositi di conoide torrentizia.  
Grado di permeabilità: Medio – Elevato  
Tipo di permeabilità: Porosità
- Complesso dei depositi vulcanici plio-quadernari  
Complesso delle piroclastiti da caduta, in giacitura primaria e secondaria costituiti da depositi incoerenti di lapillo e cineriti. Per la giustapposizione laterale e verticale di termini granulometricamente diversi, costituiscono acquiferi eterogenei ed anisotropi la cui trasmissività è generalmente bassa.  
Grado di permeabilità: Scarsa-Media  
Tipo di permeabilità: Porosità

In stralcio la Carta Idrogeologica dell'Italia meridionale con indicazione dell'abitato di Forino.

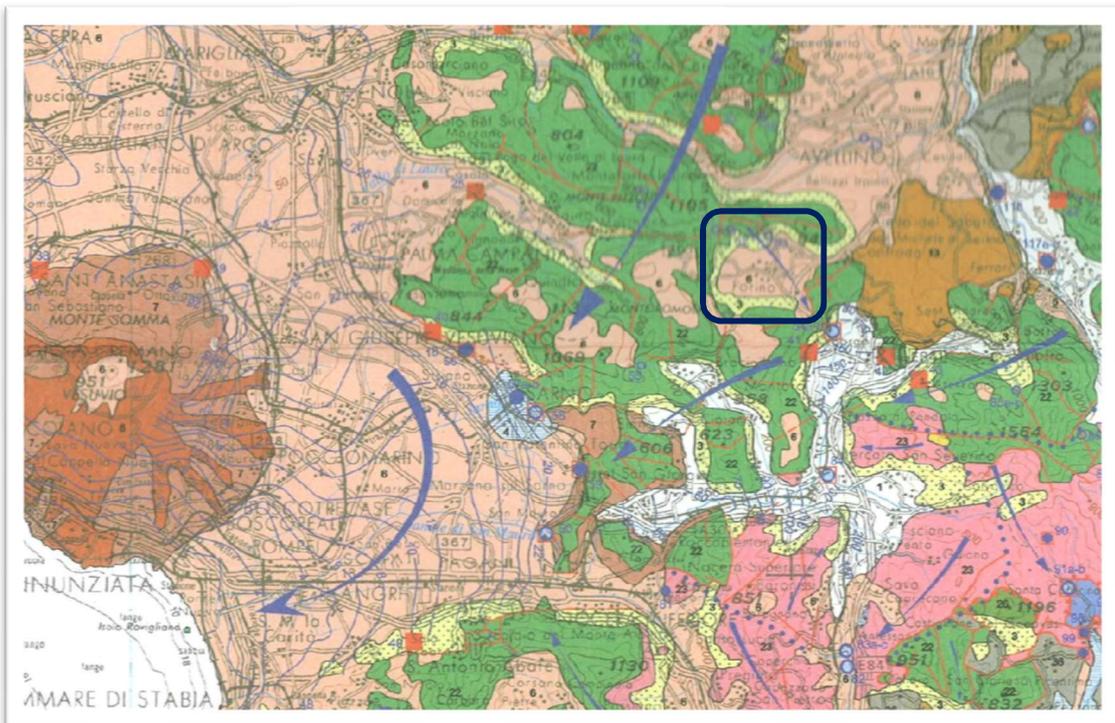


Figura 10: Stralcio Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale

Studi precedenti individuano una falda superficiale a circa 30m dal piano campagna, nel corpo alluvionale limo-sabbioso, sovrapposta ad una falda profonda nei calcari mesozoici, a circa 90m dal p.c.



## 4. Dati Geotecnici e Geofisici

### 4.1 Dati di riferimento

La costruzione di una Microzonazione Sismica di Livello 1 prevede – secondo le Linee Guida della Protezione Civile Nazionale - la raccolta di tutto il materiale tecnico disponibile per la zona di studio, senza avere l'obbligo – per questo grado di approfondimento – di fare nuove indagini geognostiche. Questo lavoro quindi si è basato sui seguenti dati disponibili:

- Relazione geologica per il PRG di Forino (1985) del geol. De Iasi, con la realizzazione di n°20 sondaggi a carotaggio continuo e spinti fino a 30 metri di profondità dal piano campagna e n°66 SPT nei fori di sondaggio oltre che numerose indagini di laboratorio atte a definire le caratteristiche geotecniche dei terreni sondati;
- N°6 sondaggi tra i 30 e gli 80 metri di profondità a correndo delle "Prime considerazioni sullo sprofondamento avvenuto nel giugno 2005 nella piana di Forino (AV)" dei geol. Del Prete e Santo;
- N°1 sondaggio profondo della Banca Dati dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA)
- N°8 indagini sismiche del tipo HVSR realizzate per questo lavoro

### 4.2 Caratterizzazione geotecnica

Per il PRG di Forino sono stati prelevati n°19 campioni per le opportune analisi di laboratorio ad aggiungersi a numerosi campioni rimaneggiati per una classificazione qualitativa dei terreni investigati.

De Iasi distingue (e nel prosieguo un estratto del suo lavoro):

- Terreni limo-sabbiosi talora debolmente argillosi, ove la frazione più sottile ricorre mediamente nella percentuale del 68-76%
- Terreni limo-argillosi, talora sabbiosi, dove la frazione più sottile raggiunge l'85%.
- Terreni sabbiosi e talora ghiaiosi a matrice limosa.

In generale si tratta di materiali saturi con un contenuto naturale d'acqua nell'intervallo di 21-55%. Al fine di valutare i parametri che intervengono nella



resistenza, il materiale è stato sottoposto a prove triassiali in condizioni drenate e non drenate. Le prove senza drenaggio hanno fornito valori della coesione apparente nell'intervallo di 0,45-0,95 Kg/cm<sup>2</sup> e valori di angolo di attrito di 17°; e prove con drenaggio hanno fornito una coesione di 0.07 – 0.15 Kg/cm<sup>2</sup> e con angoli di attrito variabile tra i 10°-20°.

Per quanto riguarda il complesso argilloso basale i valori della coesione apparente rientrano tra 1.15 -1.20 Kg/cm<sup>2</sup> con angolo di attrito sui 20°.

Si rimanda alla relazione tecnica specifica per ulteriori approfondimenti.



## 5. Modello del Sottosuolo

In Figura 11 in bianco il perimetro comunale di Forino, in giallo l'area oggetto di studio, con l'ubicazione di tutti i dati geognostici/sismici presi a riferimento per la costruzione del modello geologico del sottosuolo ed in dettaglio:

- IN CELESTE: n° 20 sondaggi geognostici entro i 30m di profondità per il PRG di Forino (1985);
- IN ROSSO: n°6 sondaggio geognostici tra i 30 e gli 80m per lo studio dei sinkhole dell'area (2007);
- IN ROSA: n°1 sondaggio profondo della Banca Dati dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA)
- IN VERDE: n°8 indagini sismiche HVSR, realizzate per questa MzS

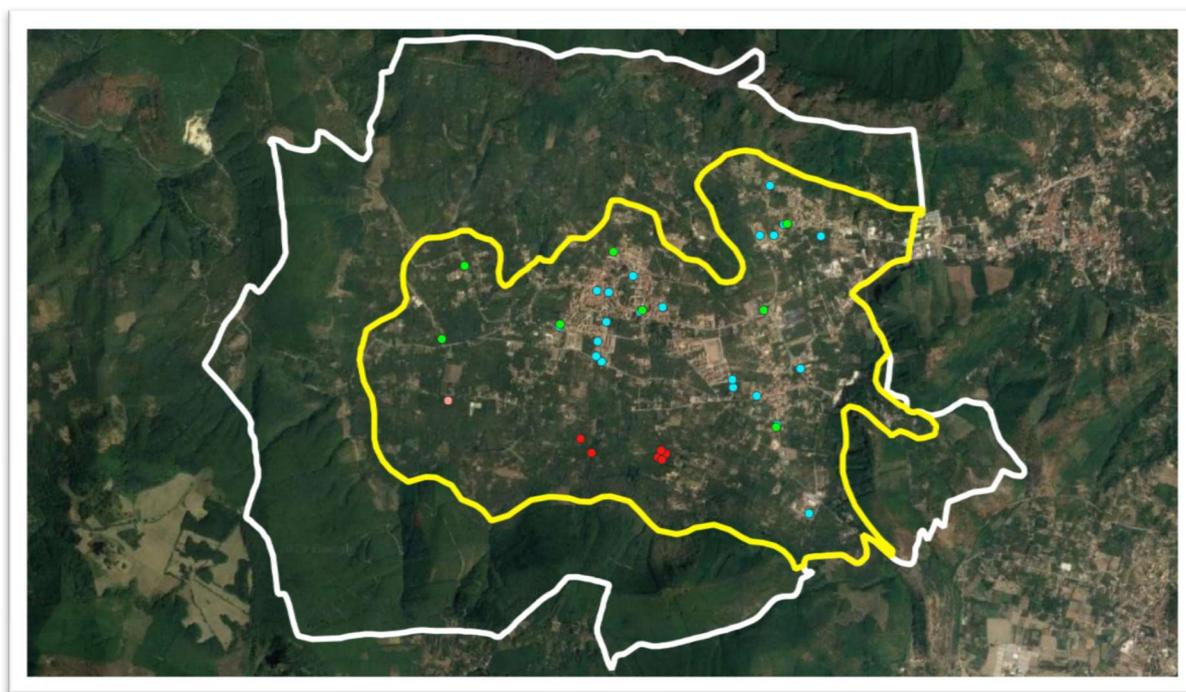


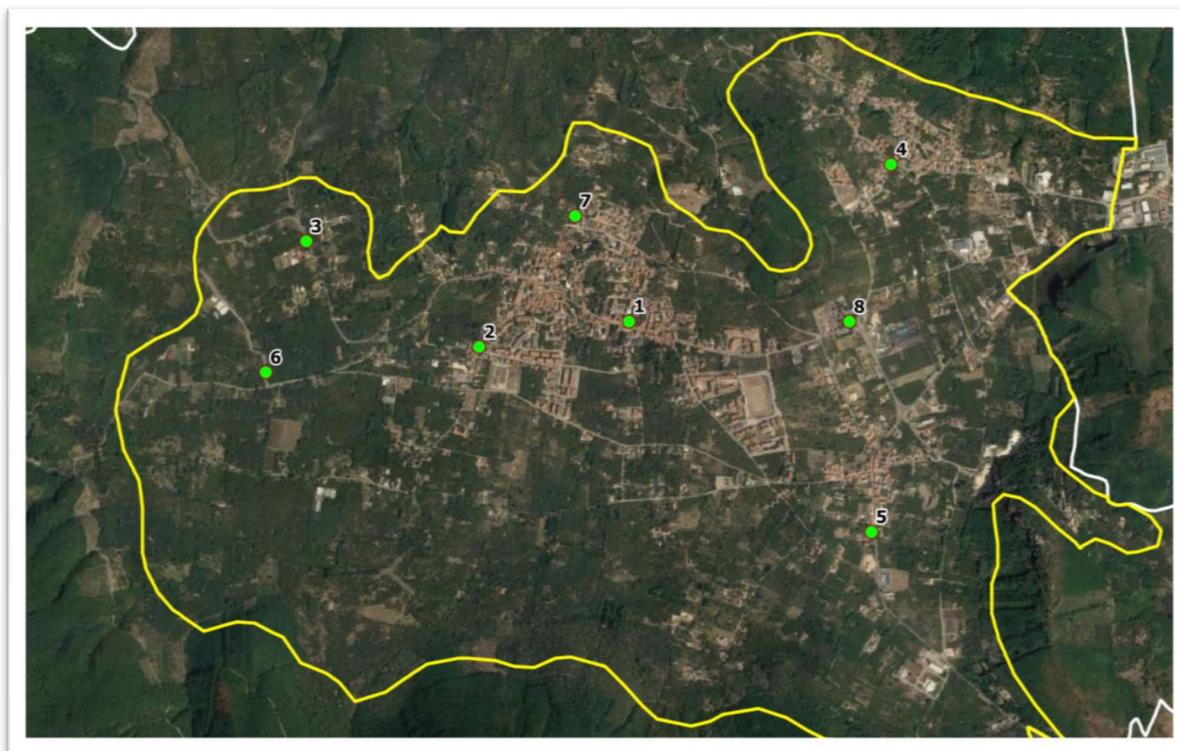
Figura 11: Indagini Geognostiche di riferimento per la modellazione geologica del sottosuolo

In aggiunta sono state prese a riferimento tutte le pubblicazioni scientifiche realizzate in zona a definire un modello del sottosuolo caratterizzato nei primi 30m da sabbie limose intercalate a limi sabbiosi che poggiano procedendo con la profondità su un substrato tufaceo e poi arenaceo, come chiaramente indicato nella colonna stratigrafica che segue in Figura 12.

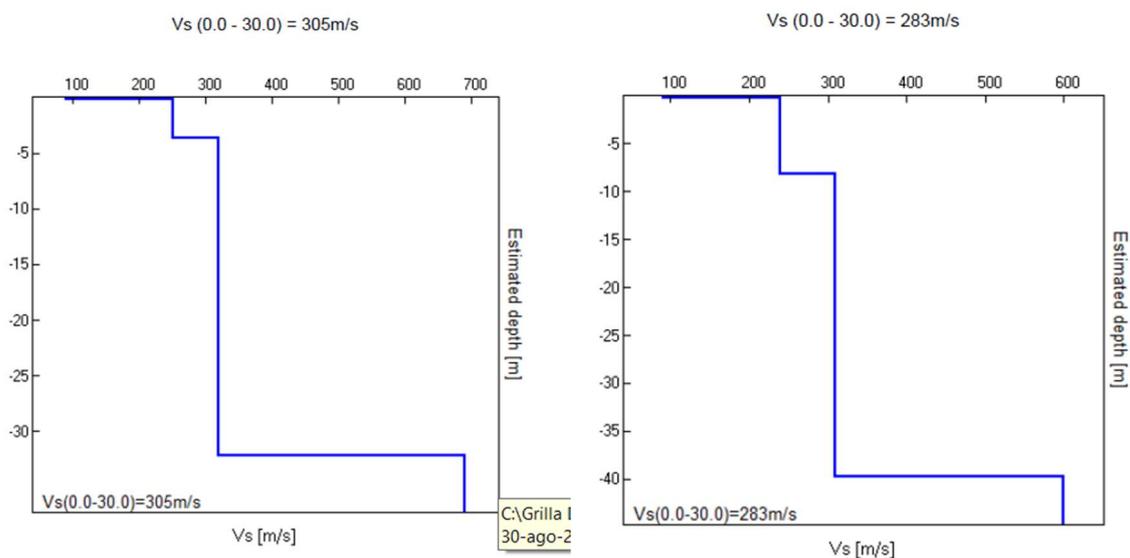


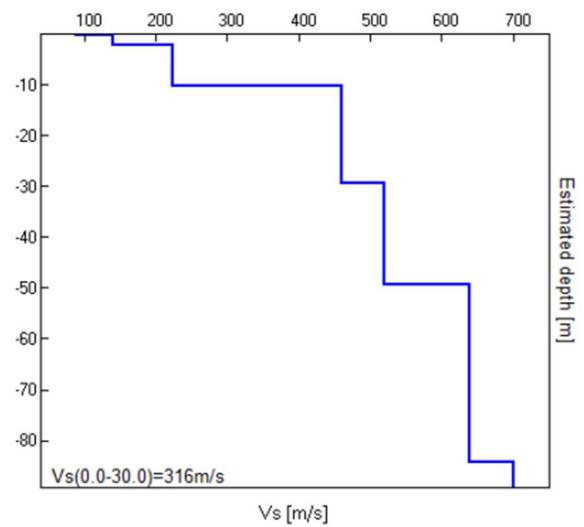
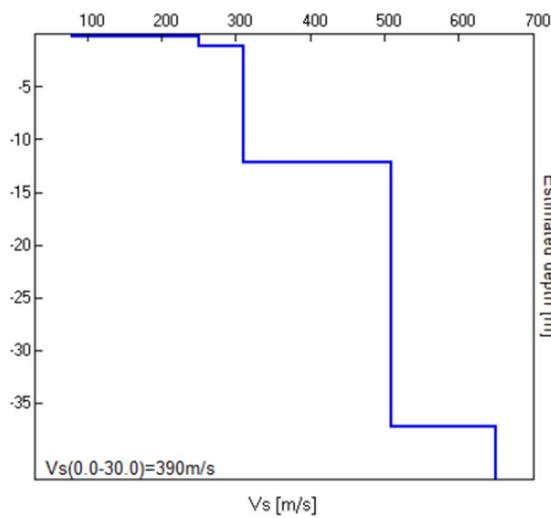
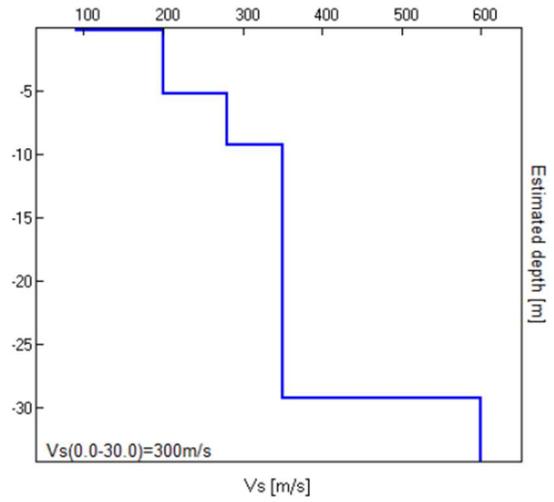
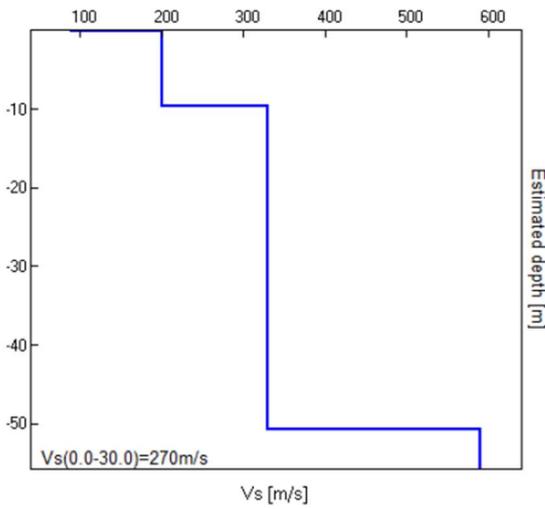
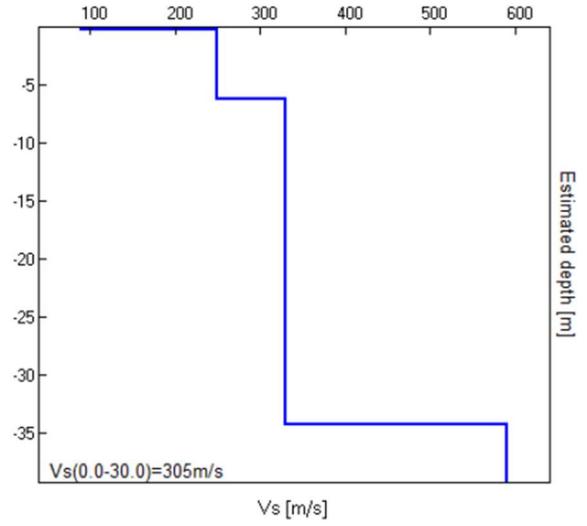
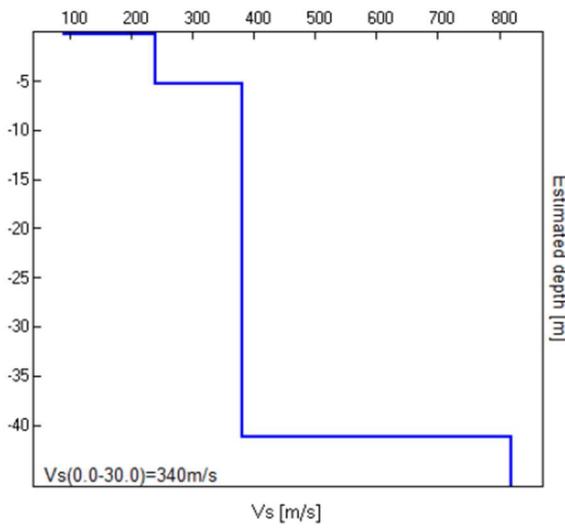


Le n°8 HVSR realizzate su tutta l'area oggetto di studio (geolocalizzate in Figura 13) mostrano brusche variazioni delle Vs per profondità maggiori di 30m ad indicare un substrato tufaceo/arenaceo che va a contrapporsi a depositi di copertura superficiali con valori delle Vs molto minori. Segue il grafico delle Vs per tutte le HVSR realizzate (dall'1 all'8 procedendo da SX verso DX).



**Figura 13: Ubicazione HVSR realizzate**







## 6. Interpretazioni ed Incertezze

### Indagini Geognostiche non esaustive

Per la costruzione del modello geologico dell'area di studio sono stati presi a riferimento n°27 sondaggi geognostici in media tra i 20 e 30 metri di profondità, abbinati a n°8 indagini sismiche HVSR realizzate per integrare quanto già disponibile.

Per i successivi livelli di approfondimento sarà necessario integrare i dati già in possesso dell'Ente Attuatore con specifiche indagini geologiche e geofisiche.

### Interpretazione dei dati di sondaggio

La stratigrafia dei 27 sondaggi presi a riferimento ha risentito di:

- problematiche di carattere geologico. E' doveroso ricordare che la geologia di Forino resta molto complessa con depositi di copertura del substrato calcareo, mai intercettato, che è caratterizzato da un'alternanza di sabbie limose di origine vulcanoclastica, in giacitura primaria e secondaria, a limi sabbiosi di bacino endoreico.
- soggettività del geologo che ha redatto le stratigrafie dei singoli sondaggi geognostici, dove spesso ha usato termini molto generici e confondendo la caratterizzazione geotecnica con quella geologica.

### Linee Guida della Protezione Civile non tarate per i depositi vulcanici

Prendendo a riferimento gli Standard di Rappresentazione di Microzonazione Sismica versione 4.0b, sia la leggenda per i terreni di copertura (pagina 20) sia la leggenda per il substrato geologico (pagina 22) non offrono una buona caratterizzazione per i terreni vulcanici.

I depositi di copertura, nella parte vulcanoclastica, sono un insieme eterogeneo per granulometria e stato di addensamento di lapillo scoriaceo, lapillo pomiceo e cinerite e non è stato possibile discretizzare tutto lo spessore con una ben definita classe, nella leggenda proposta negli Standard.



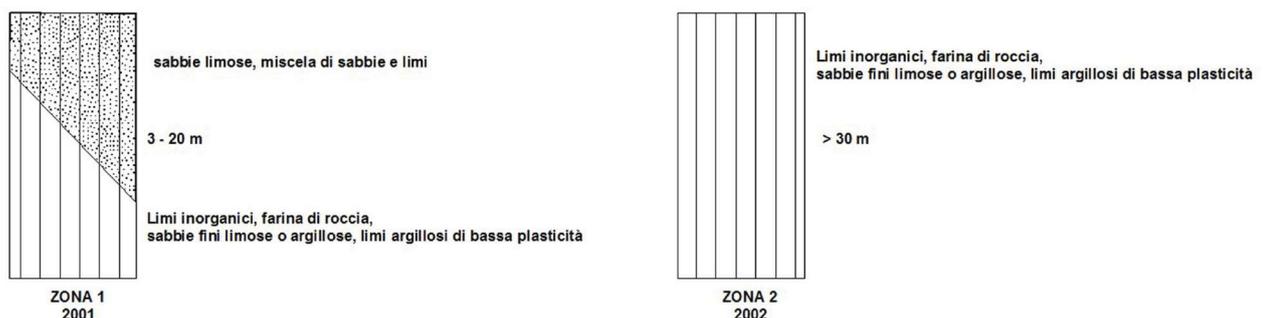
## 7. Metodologie di elaborazione e risultati

Per la costruzione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (M.O.P.S.) è stato utilizzato un approccio geologico e geomorfologico, integrato con tutte le indagini geognostiche raccolte nell'area di studio.

Dall'interpretazione di tutti i sondaggi disponibili è stato possibile schematizzare un modello geologico del sottosuolo costituito da uno spessore di copertura di sabbie e limi intercalati tra loro per uno spessore superiore ai 30m.

Si è scelto quindi di definire due zone stabili suscettibili di amplificazioni locali così come indicato nelle linee guida della Protezione Civile Nazionale "Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica" (ICMS).

Tali zone sono state indicate con due distinti codici (2001; 2002) in base alle caratteristiche stratigrafiche riconosciute dai dati di sondaggio.



Si è utilizzato il codice 2001, dove si ha un'alternanza di sabbie limose, miscela di sabbie e limi (SM) che poggiano su limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML), con uno spessore superiore ai 30 metri. Questa zona è stata individuata e cartografata nella fascia pedemontana che borda i rilievi carbonatici che cingono la piana endoreica di Forino.

La MOPS con codice 2002 si riferisce a limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) con spessori superiori ai 30 metri che vanno a costituire la conca endoreica. Le HVS individuano un substrato – probabilmente tufaceo al disotto dei 30-50m di profondità.

Quindi, tutte le aree urbanizzate sono caratterizzate da zone suscettibili di amplificazione il cui grado di severità, valutato in base alle caratteristiche stratigrafiche e granulometriche aumenta progressivamente dalla zona 1 (2001) alla zona 2 (2002).



## 8. Elaborati cartografici

Gli elaborati cartografici prodotti seguono le procedure degli Indirizzi e i Criteri di Microzonazione Sismica (Protezione Civile Nazionale, 2008) e le successive note operative degli Standard di Rappresentazione ed Archiviazione Informatica per la Microzonazione Sismica, versione 4.0b (Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica, 2015).

### 8.1 Carta delle indagini

La Carta delle Indagini (Figura 14) mostra tutte le analisi geognostiche di profondità già disponibili per una determinata area, che siano di natura geotecnica (es. sondaggi a carotaggio continuo) o geofisica (es. HVSR). La Carta in oggetto ha raccolto le seguenti indagini:

- N°13 sondaggi geognostici entro i 30m di profondità per il PRG di Forino (1985);
- n°2 sondaggio geognostici tra i 30 e gli 80m per lo studio dei sinkhole dell'area (2007);
- n°1 sondaggio profondo della Banca Dati dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA)
- n°8 indagini sismiche HVSR, realizzate per questa MsZ

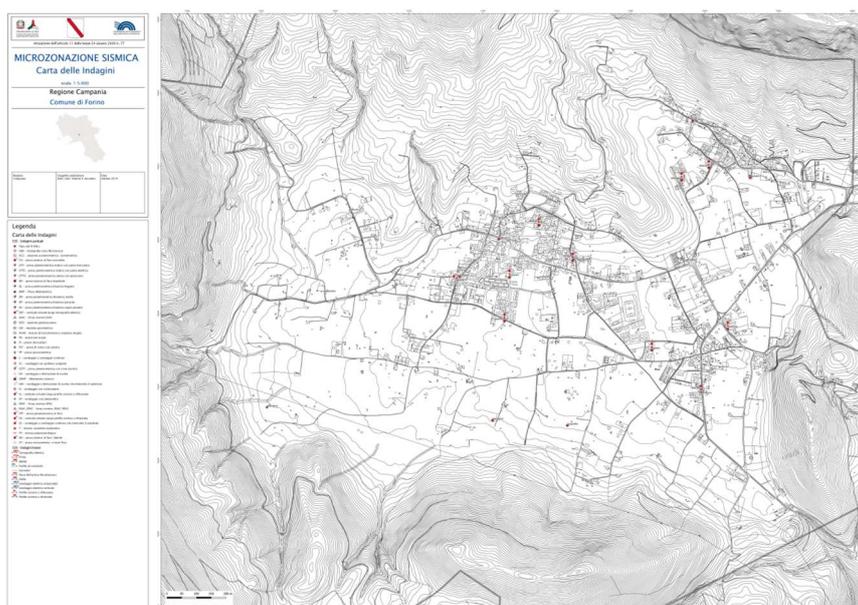


Figura 14: Stralcio della Carta delle Indagini realizzata



## 8.2 Carta geologico-tecnica

Nella Carta Geologico-Tecnica (CGT\_MS) sono riportate tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate da carte ed elaborati esistenti dei quali non è richiesta l'archiviazione. I dati riportati nella CGT\_MS sono necessari alla definizione del modello di sottosuolo e funzionali alla realizzazione della Carta delle MOPS.

In Figura 24 stralcio della Carta Geologico – Tecnica prodotta.

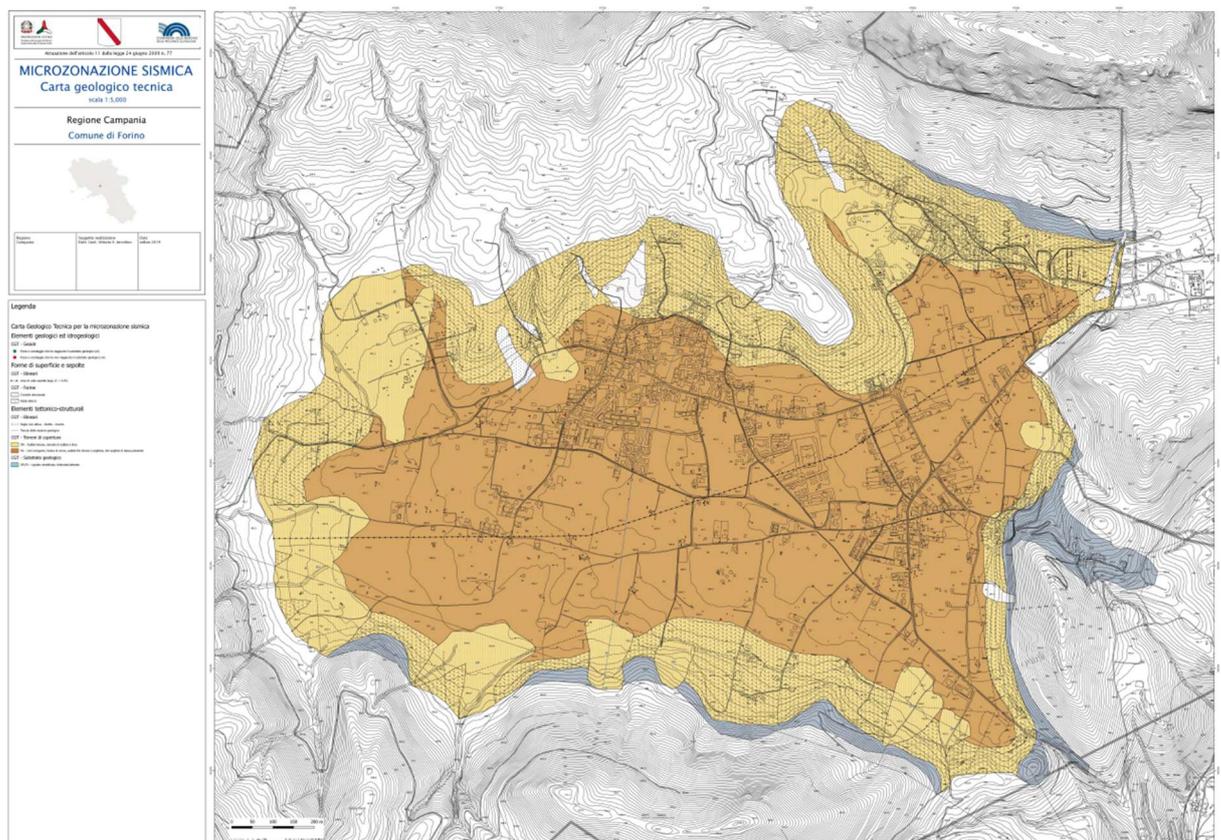


Figura 15: Carta Geologica Tecnica prodotta

### 8.2.5 Sezioni Geologiche Realizzate

Per meglio comprendere i rapporti litostratigrafici fra le diverse formazioni presenti è stata realizzata una sezione geologica (Figura 20) che va ad aggiungersi a quelle già disponibili per la zona di studio (Figura 8).

La scelta dell'ubicazione delle sezioni geolitologiche ha seguito le indicazioni contenute nel Paragrafo 2.3.4. delle Linee Guida degli ICMS.



L'interpretazione di tali rapporti è tornata utile nella stesura della Carta delle M.O.P.S. quando si sono definite le aree suscettibili di amplificazione locale.

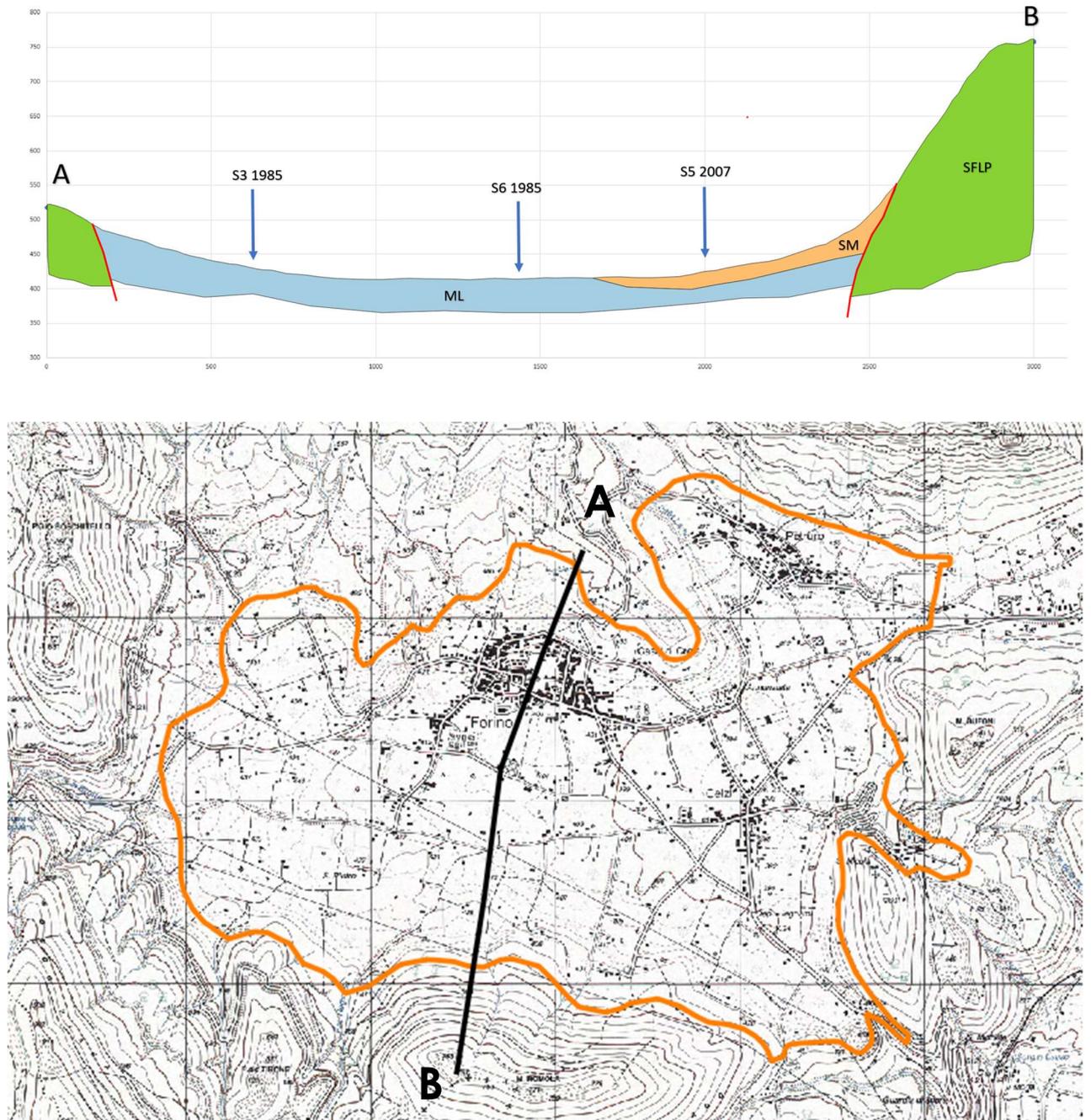


Figura 16: Sezione Geologica della zona di studio



## 8.3 Carta delle MOPS

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) è costruita sulla base degli elementi predisponenti alle amplificazioni e alle instabilità sismiche già riportati nella Carta Geologica Tecnica (CGT\_MS).

Il territorio studiato è stato suddiviso in due distinte zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:

Si è utilizzato il codice 2001, dove si ha un'alternanza di sabbie limose, miscela di sabbie e limi (SM) che poggiano su limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML), con uno spessore superiore ai 30 metri. Questa zona è stata individuata e cartografata nella fascia pedemontana che borda i rilievi carbonatici che cingono la piana endoreica di Forino.

La MOPS con codice 2002 si riferisce a limi inorganici, farina di roccia, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità (ML) con spessori superiori ai 30 metri che vanno a costituire la conca endoreica. Le HVS individuano un substrato – probabilmente tufaceo al disotto dei 30-50m di profondità.

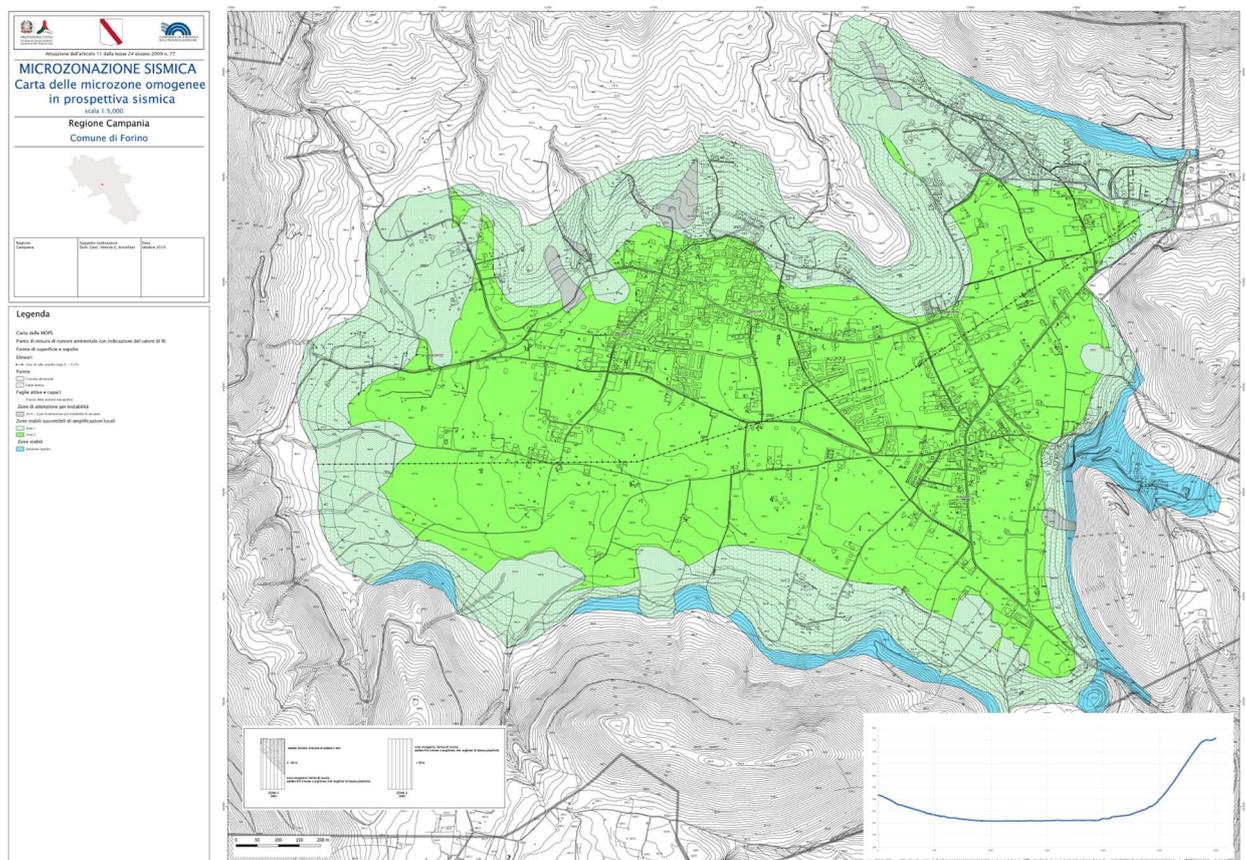


Figura 17: Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica



## 9. Bibliografia

### Microzonazione Sismica

ALABARELLO, D., CASTENETTO S., NASO G. (2011): Procedura semiquantitativa per stabilire la qualità di una carta di MS di livello 1 in “Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica”, *Ingegneria sismica*, a. XXVIII, n. 2;

ALBARELLO D. & CASTELLARO S. (2011): Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola, in “Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica”, *Ingegneria sismica*, a. XXVIII, n. 2;

COLOMBI A., COMPAGNONI M., PERGALANI F. (2011): Risposta sismica locale: la MS come strumento discriminante per l'utilizzo di approcci semplificati o di specifiche analisi, in “Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica”, *Ingegneria sismica*, a. XXVIII, n. 2;

COMMISSIONE TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (2017) “Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Versione 1.0 2017”;

COMMISSIONE TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA (2015): Standard di rappresentazione e archiviazione informatica Versione 4.0b;

CASTENETTO S., COLOMBI A., MARTELLI L., NASO G., PERGALANI F. (2012): Studi di microzonazione sismica: riflessioni sul significato e sui contenuti dei 3 livelli di approfondimento, in “Atti del 31° Convegno del GNGTS Potenza 20 – 22/11/2012”;

GRUPPO DI LAVORO MICROZONAZIONE SISMICA (2008): Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica, Dipartimento della Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e Province Autonome, 3 vol. e DVD;

MARTINI G., CASTANETTO S., NASO G. (2011): La carta geologico tecnica per gli studi di MS in “Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica”, *Ingegneria sismica*, a. XXVIII, n. 2;

PORFIDO S. ET ALII (2007) Seismically induced ground effects of the 1805, 1930 and 1980 earthquakes in the Southern Appennines, Italy”, *Boll.Soc.Geol.It. (Ital. J. Geosci.)*, Vol. 126, No. 2 (2007), pp. 333-346



## Geologia

DEL PRETE – SANTO (2006) - Prime Considerazioni sullo sprofondamento avvenuto nel giugno 2005 nella piana di Forino – Lavoro per il Comune di Forino

DEL PRETE – GIULIVO – SANTO (2008) - Nuove ipotesi sulla formazione dei piping sinkhole in aree alluvionali: il caso della piana di Forino (Avellino, Campania) – Il Quaternario

CASTIGLIONI G.B. (1986) - Geomorfologia. UTET, 436 pp.

CELICO P. (1979) - Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale. Mem. E Note Ist. di Geol. Appl. Univ. di Napoli, 14, 1978- 1979, 97 pp.

CIVITA M., DE RISO R., NICOTERA P. (1970) - Sulla struttura idrogeologica alimentante le sorgenti del Fiume Sarno e le falde pedemontane profonde della parte sud-orientale della Conca Campana. Conv. Int. sulle Acque Sotterranee, Palermo, 6-8 dicembre 1970, 24 pp.

ROLANDI G., MARAFFI S., PETROSINO P. & LIRER L. (1993) - The Ottaviano eruption of Somma-Vesuvius (8000 y b.p.): a magmatic alternating fall and flow-forming eruption. Journ. Volcan. and Geoth. Reser., 58, 43-65.

ROLANDI G. (1997) - The eruptive history of Somma- Vesuvius volcanism and Archeology in mediterranean area. Ed. De Vivo & Cortini.

## Links

Catalogo Parametrico Terremoti Italiani – INGV 2015

<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>

Progetto DISS - 2001

<http://diss.rm.ingv.it/diss/index.php/DISS321>

Zone Sismiche ZS9 – INGV 2004

<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>

Mappa Interattiva di Pericolosità Sismica – INGV 2006

<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

Carta Geologica d'Italia 1:50.000 – Cartografia

[http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/448\\_ERCOLANO/Foglio.html](http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/448_ERCOLANO/Foglio.html)

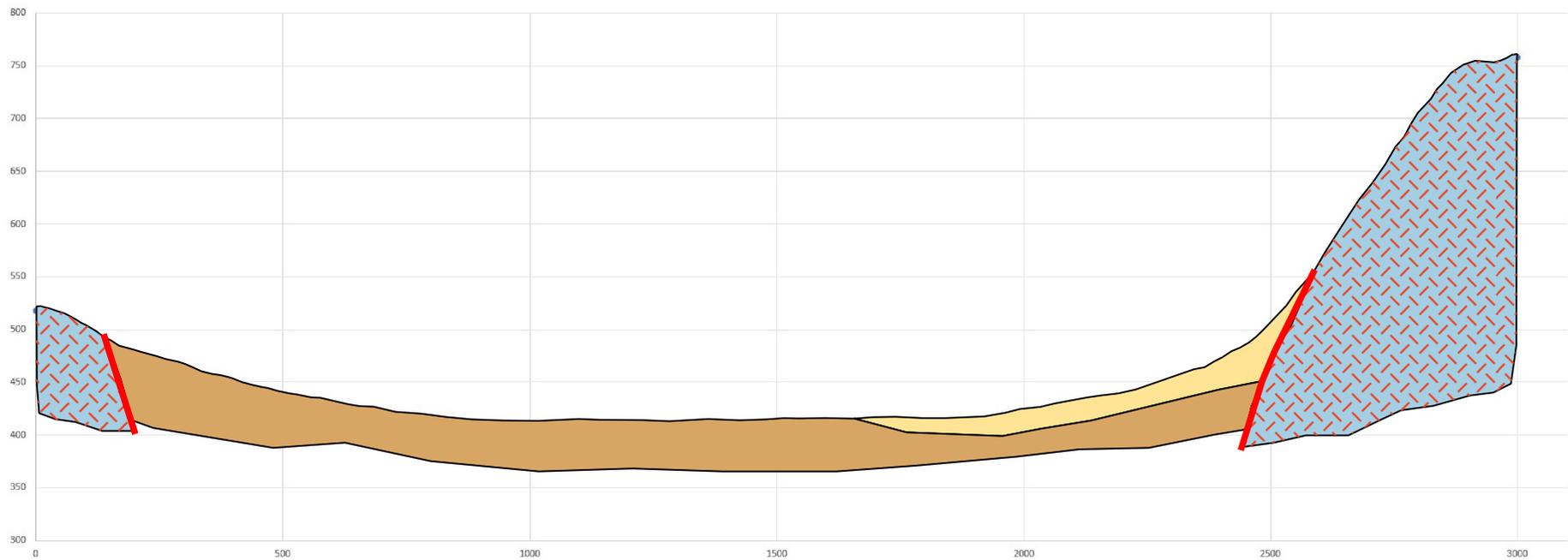
Carta Geologica d'Italia 1:50.000 – Note Illustrative

[http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note\\_illustrative/448\\_Ercolano.pdf](http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note_illustrative/448_Ercolano.pdf)



Portale Cartografico ISPRA (Sondaggi Profondi)

[http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/?resource=wms%3Ahttp%3A//sgi2.isprambiente.it/arcgis/services/servizi/indagini464/MapServer/WMSserver%3Frequest%3DGetCapabilities%26service%3DWMS&title=ITA\\_Indagini\\_sottosuolo464](http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/?resource=wms%3Ahttp%3A//sgi2.isprambiente.it/arcgis/services/servizi/indagini464/MapServer/WMSserver%3Frequest%3DGetCapabilities%26service%3DWMS&title=ITA_Indagini_sottosuolo464)



## Legenda

— faglia incerta

litologia

ML

SM

SFLP

## MICROZONAZIONE FORINO, MUNICIPIO 1

COORDINATE – Latitudine: 40.860930 - Longitudine: 14.738404

Strumento: TRZ-0128/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala:  $\pm 1.2$  mm/s

Sensibilità: 0.15 micrometri/s

Frequenza sismometro: 0.8 Hz

Inizio registrazione: 30/08/19 08:21:11 Fine registrazione: 30/08/19 08:41:11

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

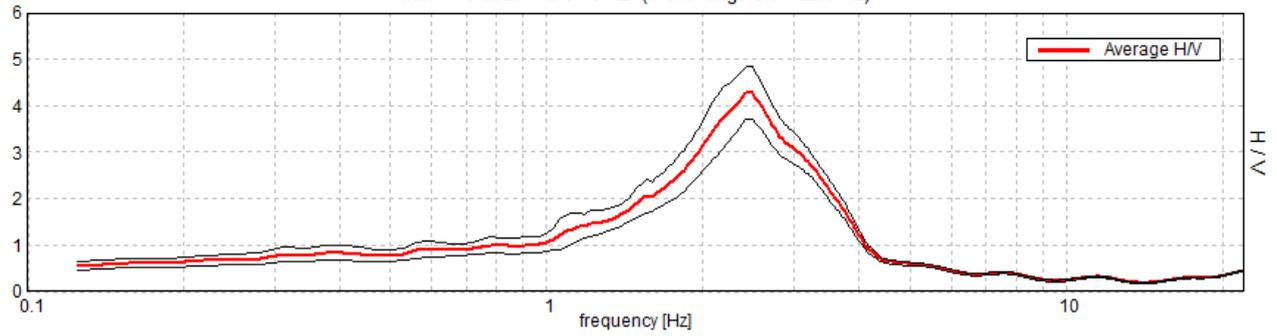
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

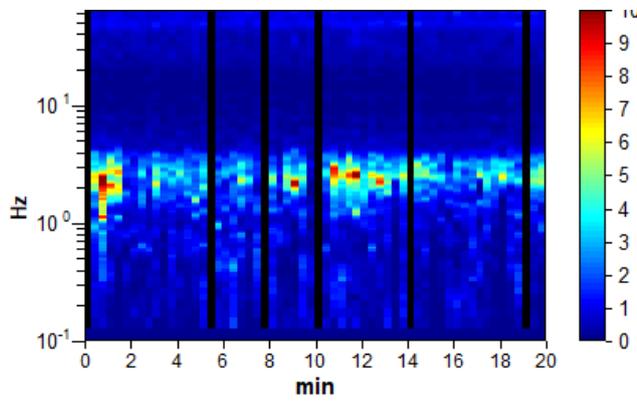


### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

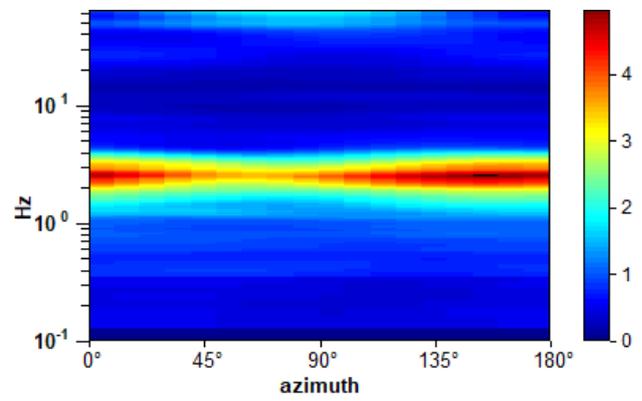
Max. H/V at  $2.47 \pm 0.16$  Hz. (In the range 0.0 - 22.0 Hz).



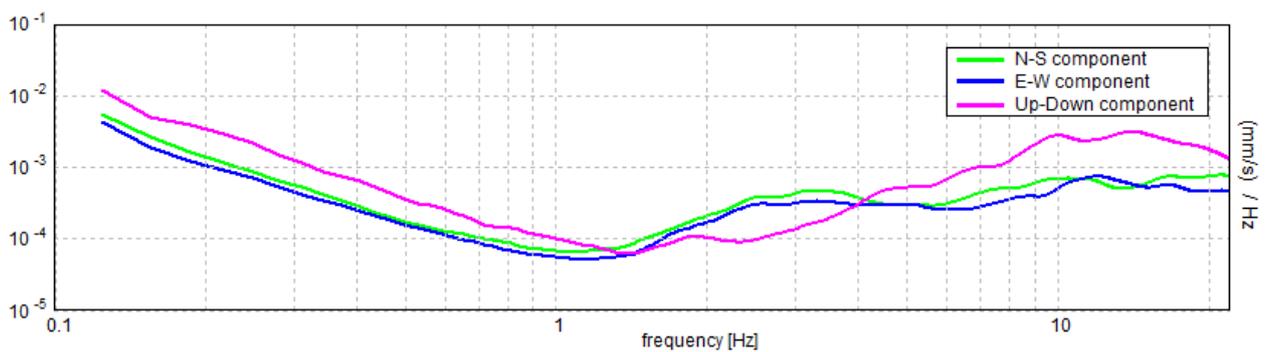
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

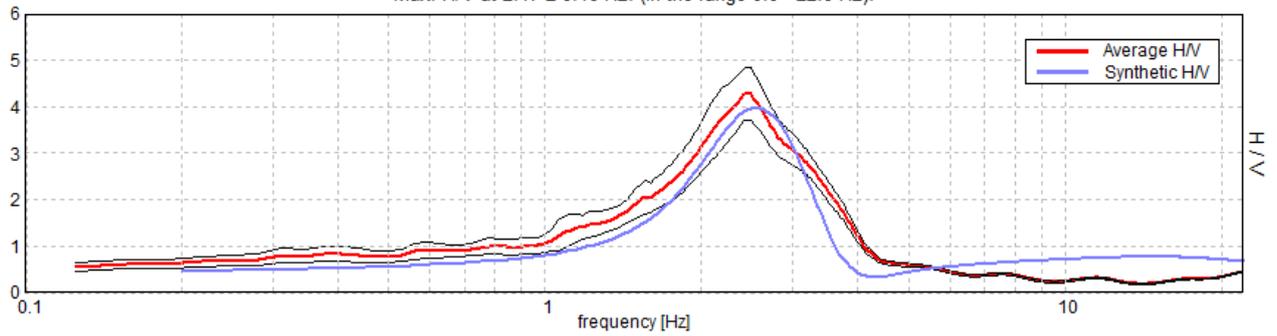


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



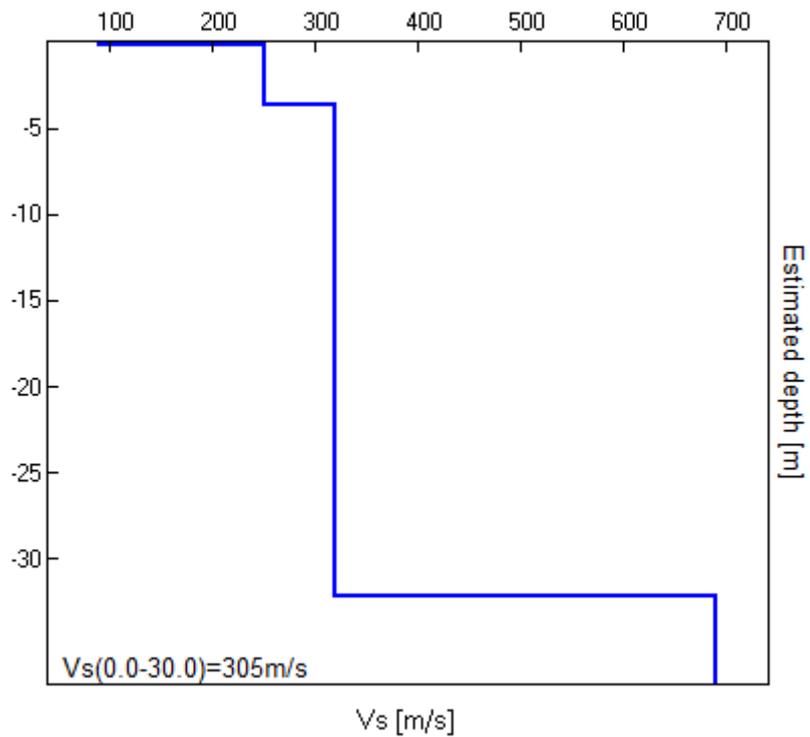
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at 2.47 ± 0.16 Hz. (In the range 0.0 - 22.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	90	0.42
3.70	3.50	250	0.42
32.20	28.50	320	0.42
inf.	inf.	690	0.42

Vs (0.0 - 30.0) = 305m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $2.47 \pm 0.16$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 22.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.47 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2666.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 120	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.625 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.531 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.28 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.06539  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.16143 < 0.12344$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5586 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## MICROZONAZIONE FORINO, VIA CASALDAMATO 2

COORDINATE – Latitudine: 40.859868 - Longitudine: 14.730972

Strumento: TRZ-0128/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala:  $\pm 1.2$  mm/s

Sensibilità: 0.15 micrometri/s

Frequenza sismometro: 0.8 Hz

Inizio registrazione: 30/08/19 08:49:10 Fine registrazione: 30/08/19 09:09:09

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

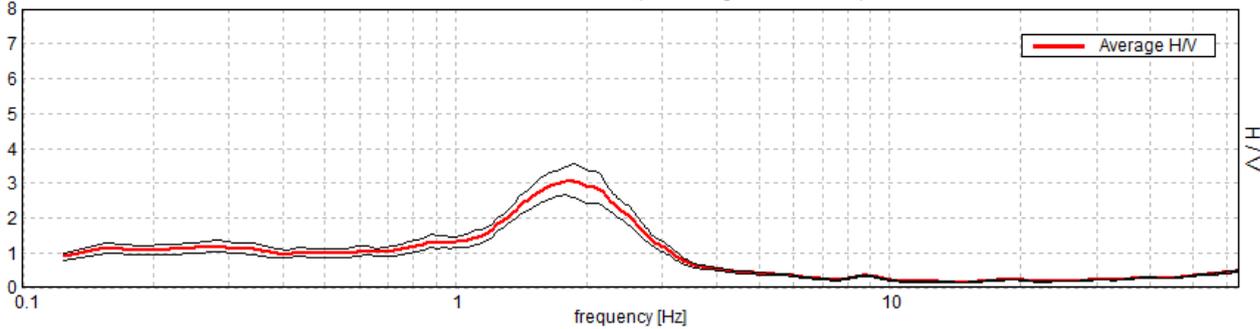
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

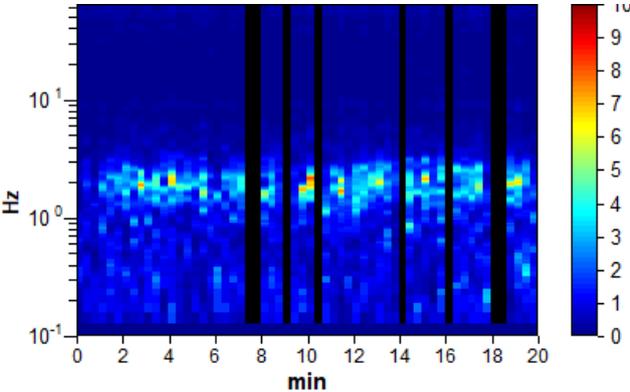


### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

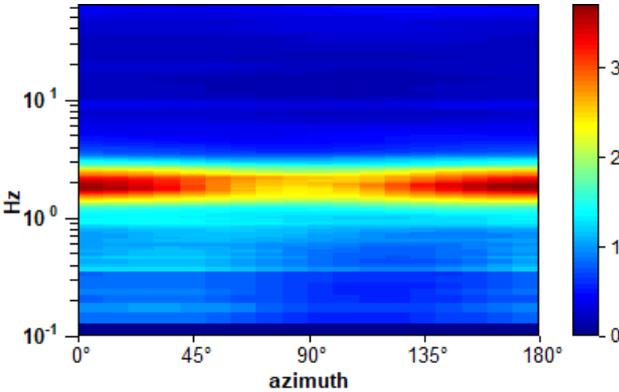
Max. H/V at  $1.88 \pm 0.38$  Hz. (In the range 0.0 - 22.0 Hz).



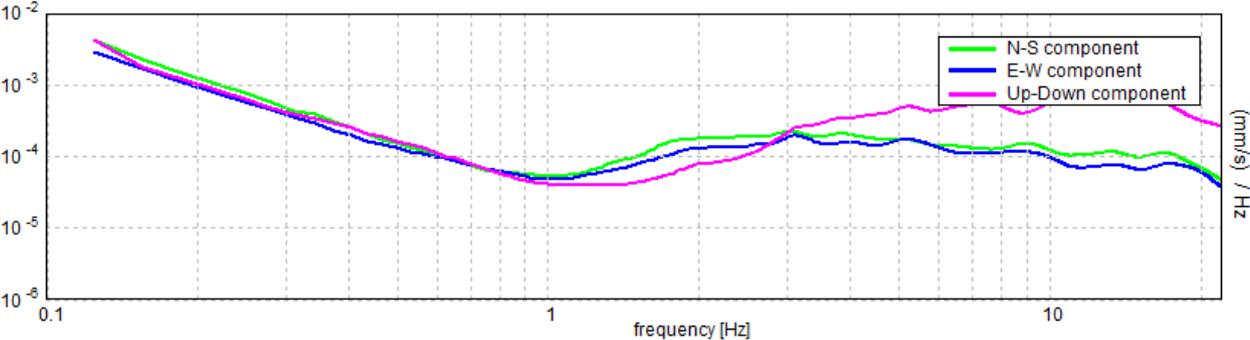
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

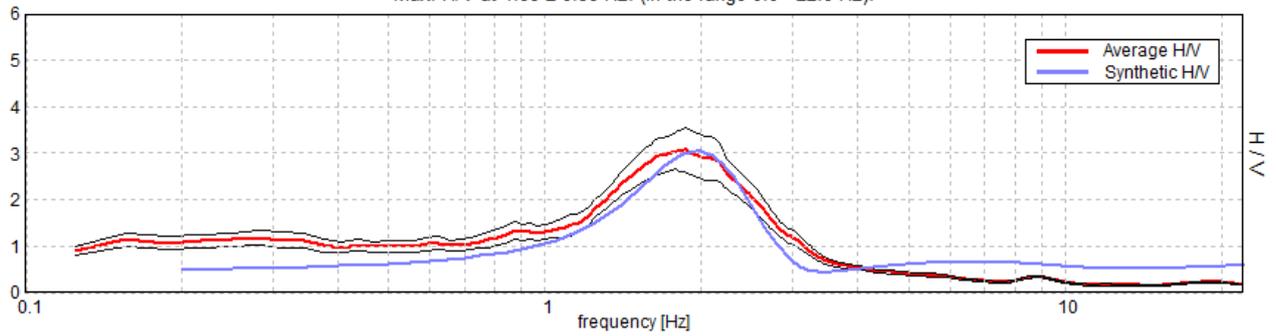


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



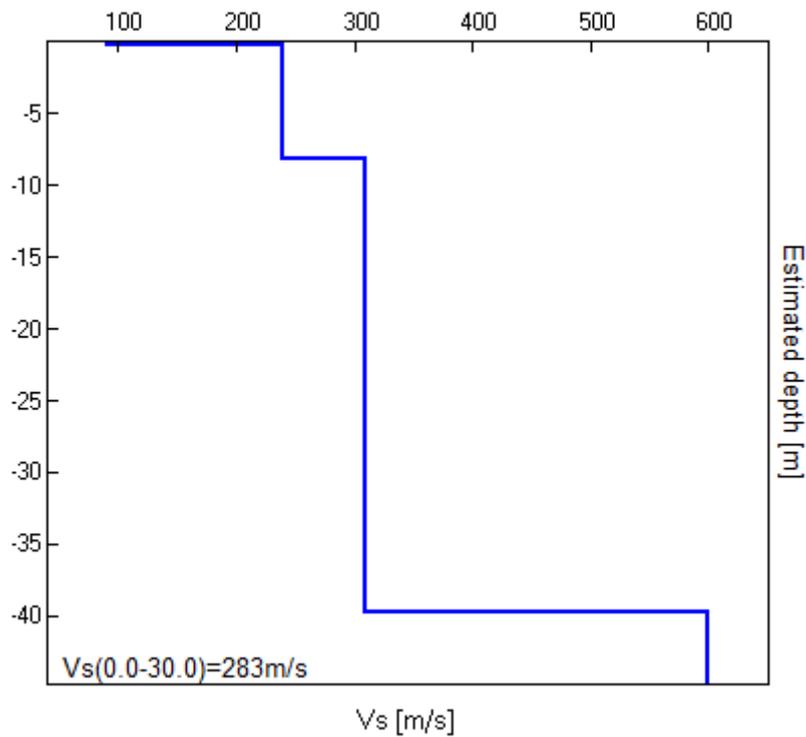
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $1.88 \pm 0.38$  Hz. (In the range 0.0 - 22.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	90	0.42
8.20	8.00	240	0.42
39.70	31.50	310	0.42
inf.	inf.	600	0.42

Vs (0.0 - 30.0) = 283m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $1.88 \pm 0.38$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 22.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.88 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1950.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 91	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.156 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.75 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.07 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.20377  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.38207 < 0.1875$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4885 < 1.78$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

### MICROZONAZIONE FORINO, SS403 3

COORDINATE – Latitudine: 40.864438 - Longitudine: 14.722353

Strumento: TRZ-0128/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala:  $\pm 1.2$  mm/s

Sensibilità: 0.15 micrometri/s

Frequenza sismometro: 0.8 Hz

Inizio registrazione: 30/08/19 09:19:37 Fine registrazione: 30/08/19 09:39:36

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

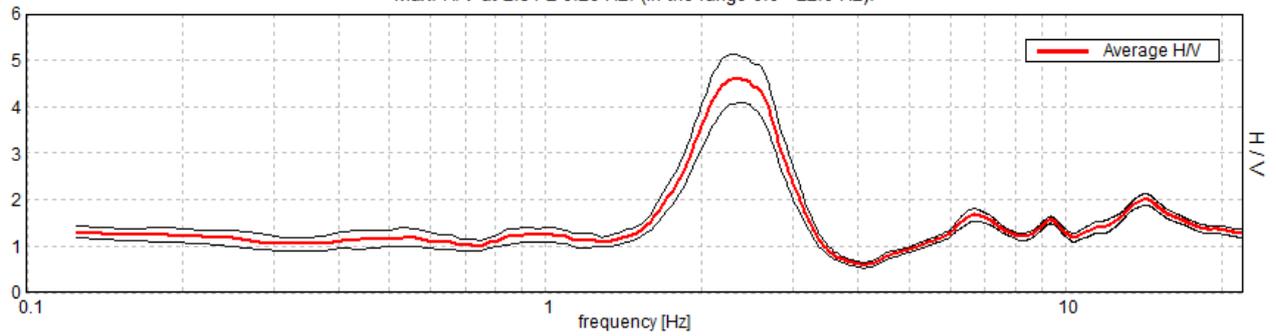
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

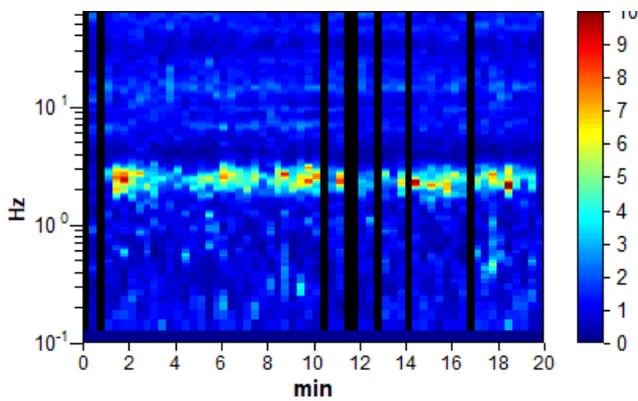


### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

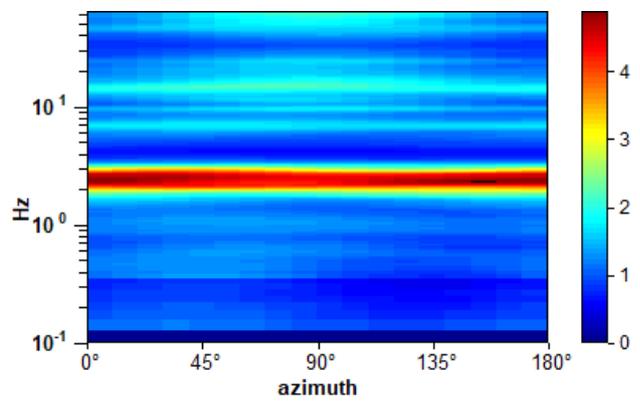
Max. H/V at  $2.31 \pm 0.26$  Hz. (In the range 0.0 - 22.0 Hz).



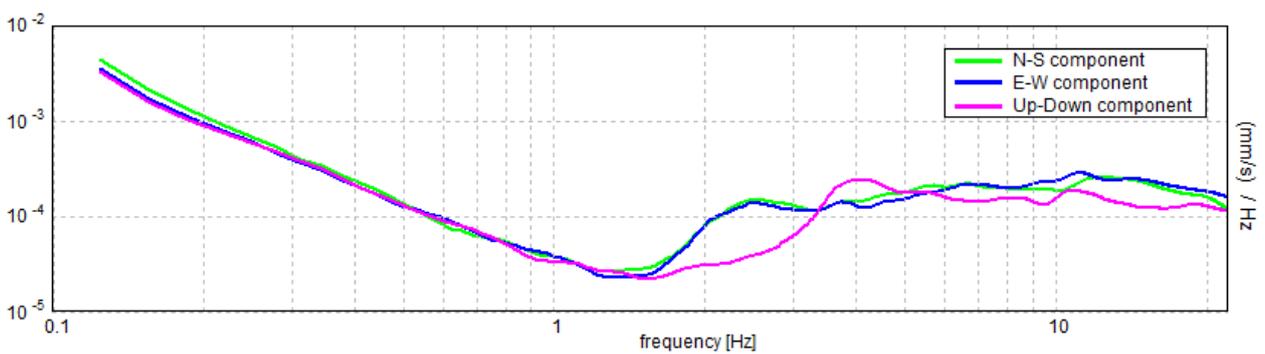
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

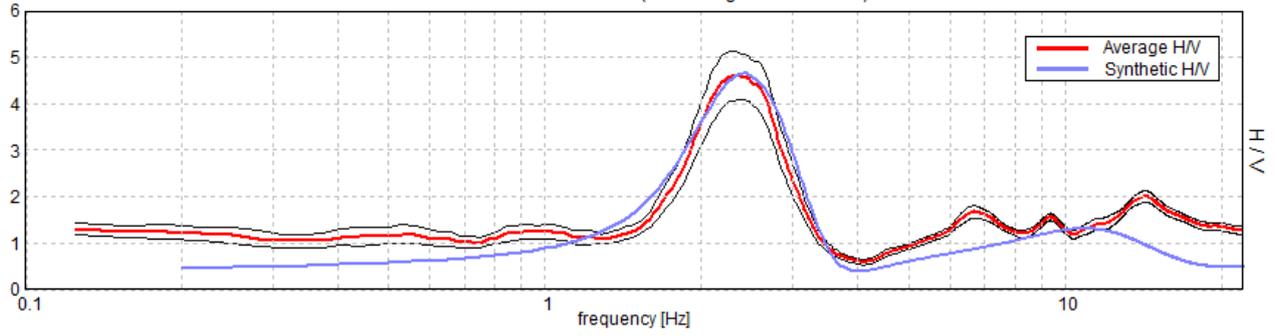


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



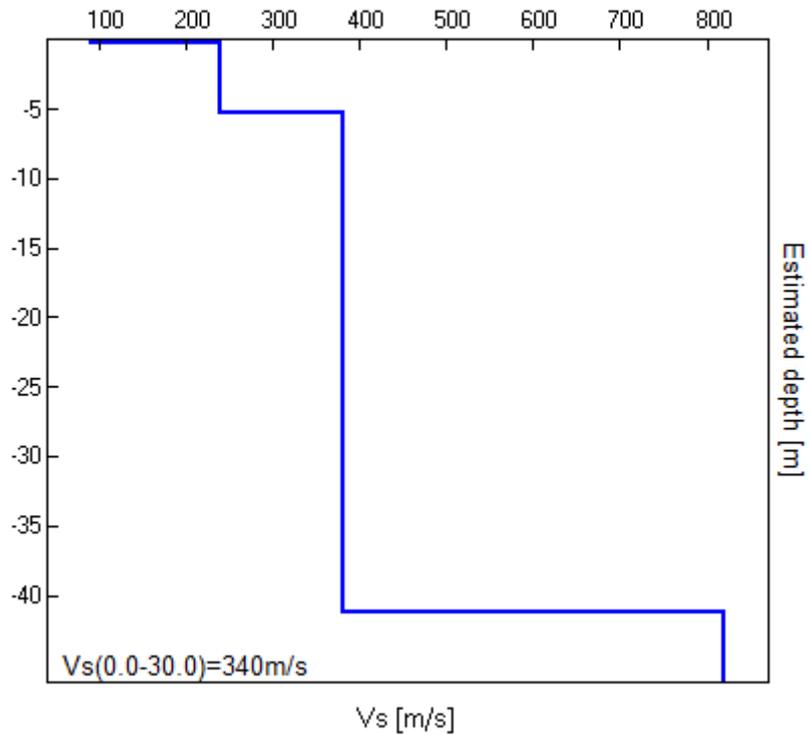
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $2.31 \pm 0.26$  Hz. (In the range 0.0 - 22.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	90	0.42
5.20	5.00	240	0.42
41.20	36.00	380	0.42
inf.	inf.	820	0.42

Vs (0.0 - 30.0) = 340m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $2.31 \pm 0.26$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 22.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.31 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$2405.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 112	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.75 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.031 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$4.60 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.11189  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.25875 < 0.11563$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5281 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## MICROZONAZIONE FORINO, PETRURO 4

COORDINATE – Latitudine: 40.866960 - Longitudine: 14.751410

Strumento: TRZ-0128/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala:  $\pm 1.2$  mm/s

Sensibilità: 0.15 micrometri/s

Frequenza sismometro: 0.8 Hz

Inizio registrazione: 30/08/19 09:59:52 Fine registrazione: 30/08/19 10:19:52

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 92% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

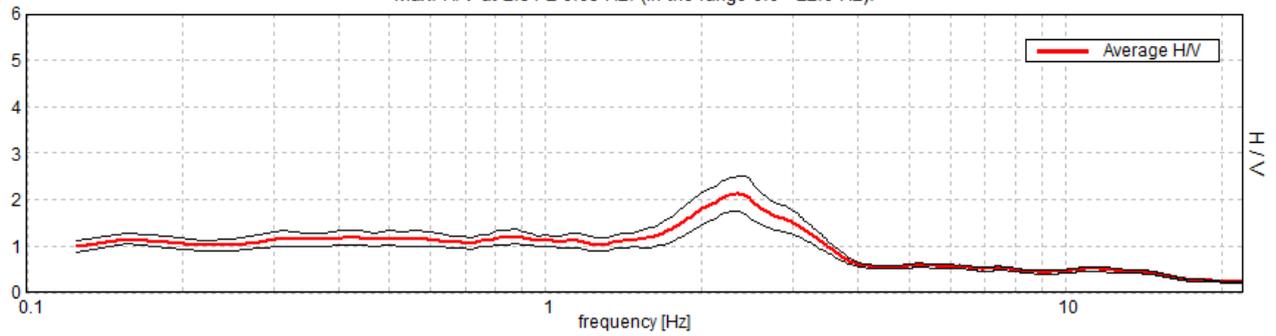
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

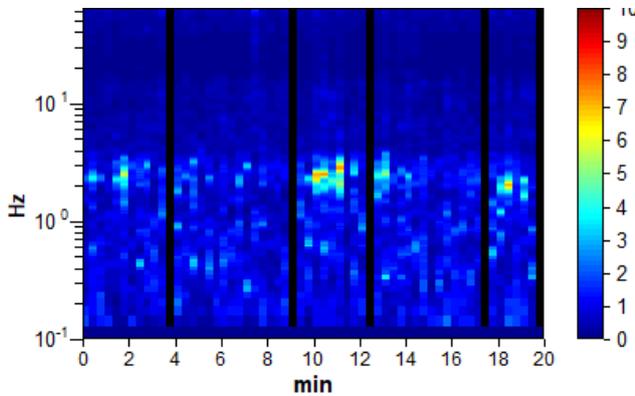


### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

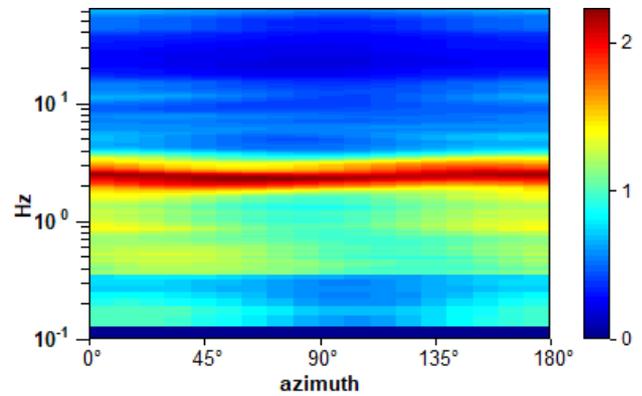
Max. H/V at  $2.34 \pm 0.05$  Hz. (In the range 0.0 - 22.0 Hz).



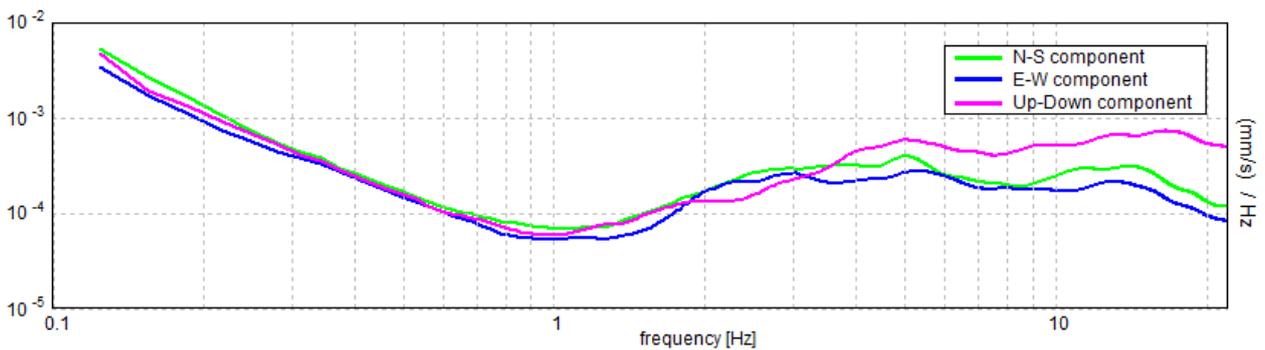
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

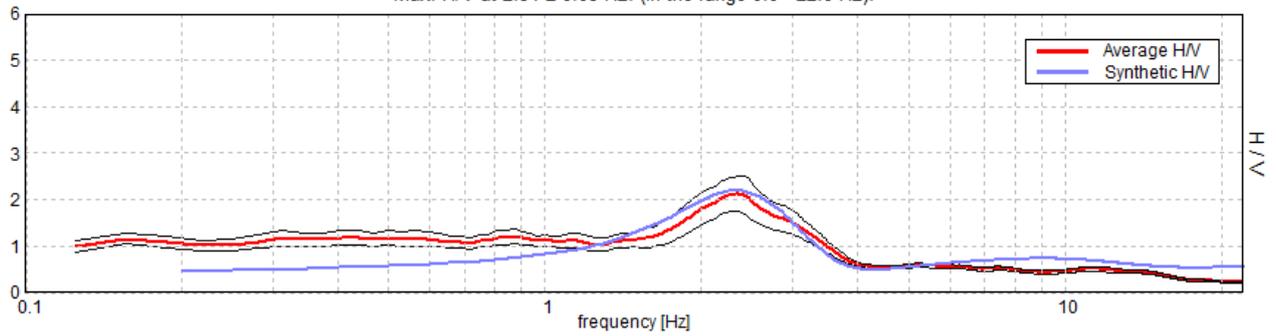


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



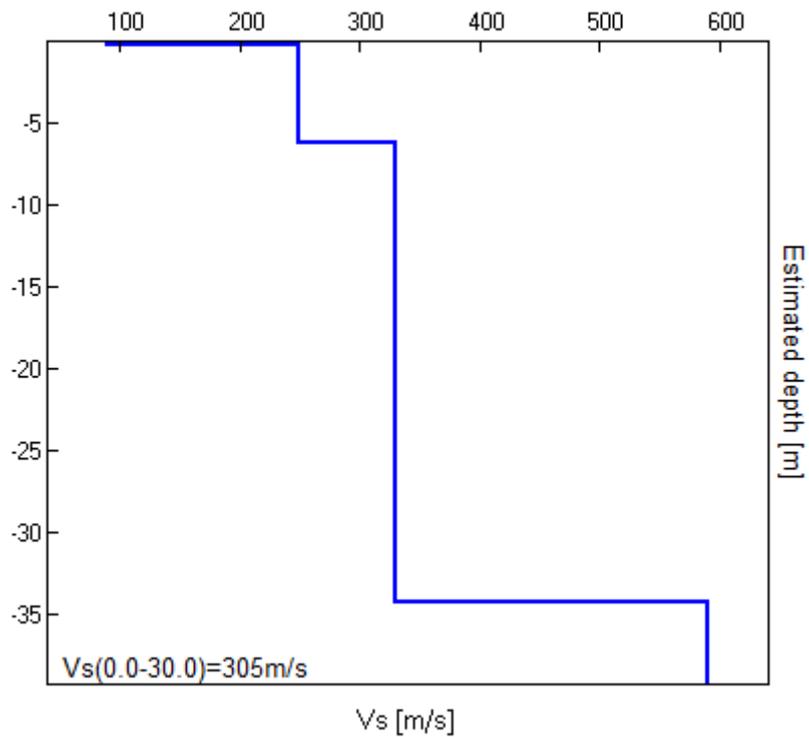
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $2.34 \pm 0.05$  Hz. (In the range 0.0 - 22.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	90	0.42
6.20	6.00	250	0.42
34.20	28.00	330	0.42
inf.	inf.	590	0.42

Vs (0.0 - 30.0) = 305m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $2.34 \pm 0.05$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 22.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$2.34 > 0.50$	<b>OK</b>	
$n_c(f_0) > 200$	$2578.1 > 200$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 114	<b>OK</b>	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.313 Hz	<b>OK</b>	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	3.438 Hz	<b>OK</b>	
$A_0 > 2$	$2.12 > 2$	<b>OK</b>	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.0226  < 0.05$	<b>OK</b>	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.05297 < 0.11719$	<b>OK</b>	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.3784 < 1.58$	<b>OK</b>	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## MICROZONAZIONE FORINO, CELZI 5

COORDINATE – Latitudine: 40.852807 - Longitudine: 14.750466

Strumento: TRZ-0128/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala:  $\pm 1.2$  mm/s

Sensibilità: 0.15 micrometri/s

Frequenza sismometro: 0.8 Hz

Inizio registrazione: 30/08/19 10:28:42 Fine registrazione: 30/08/19 10:48:42

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 87% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

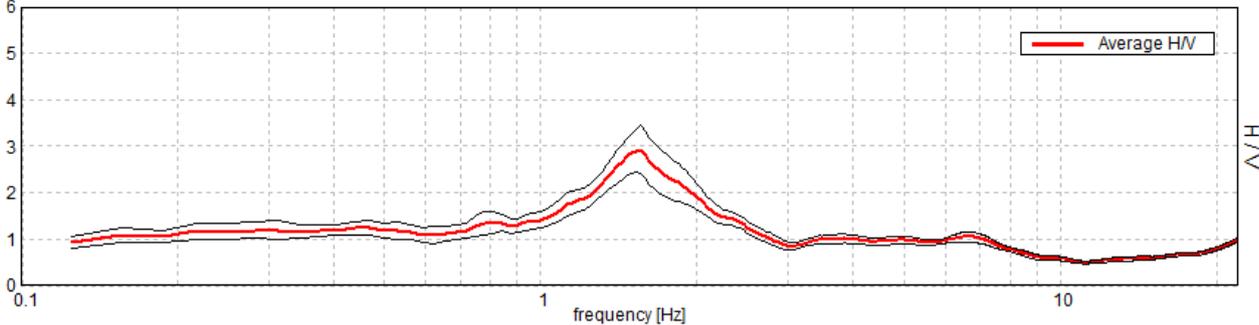
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

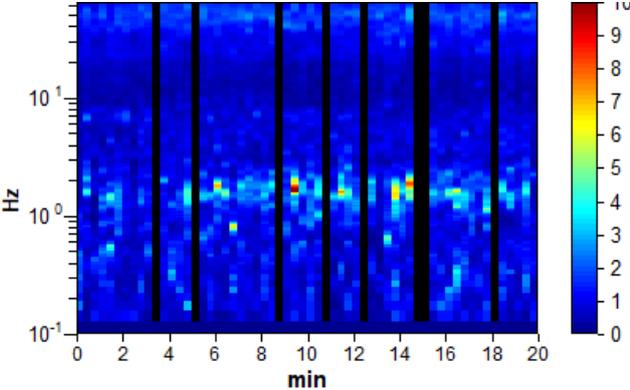


### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

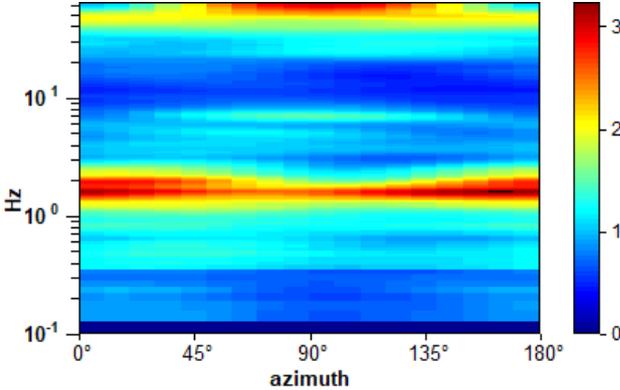
Max. H/V at 1.56 ± 0.17 Hz. (In the range 0.0 - 22.0 Hz).



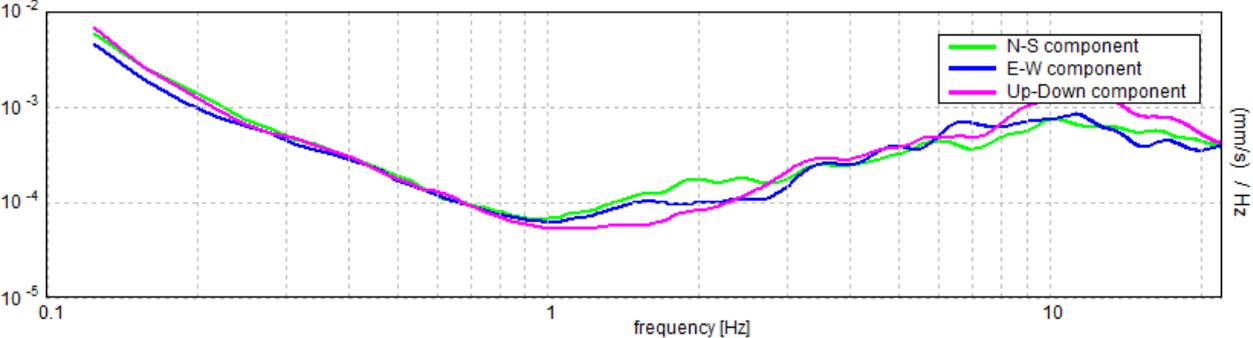
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

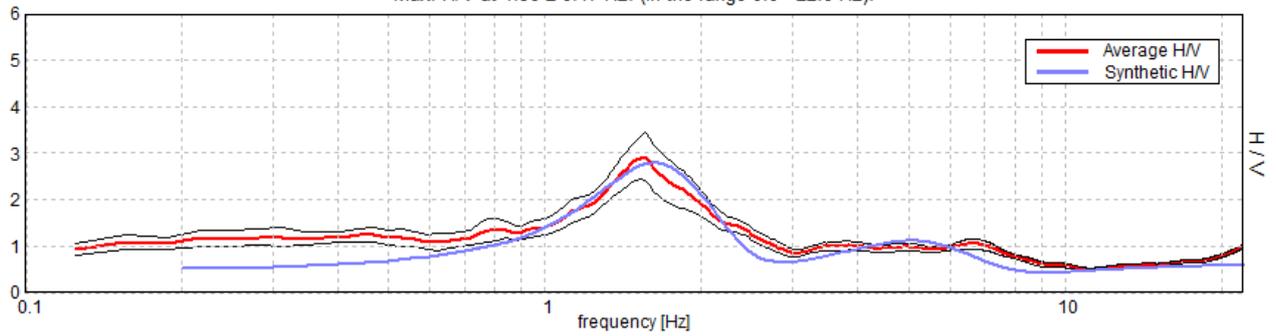


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



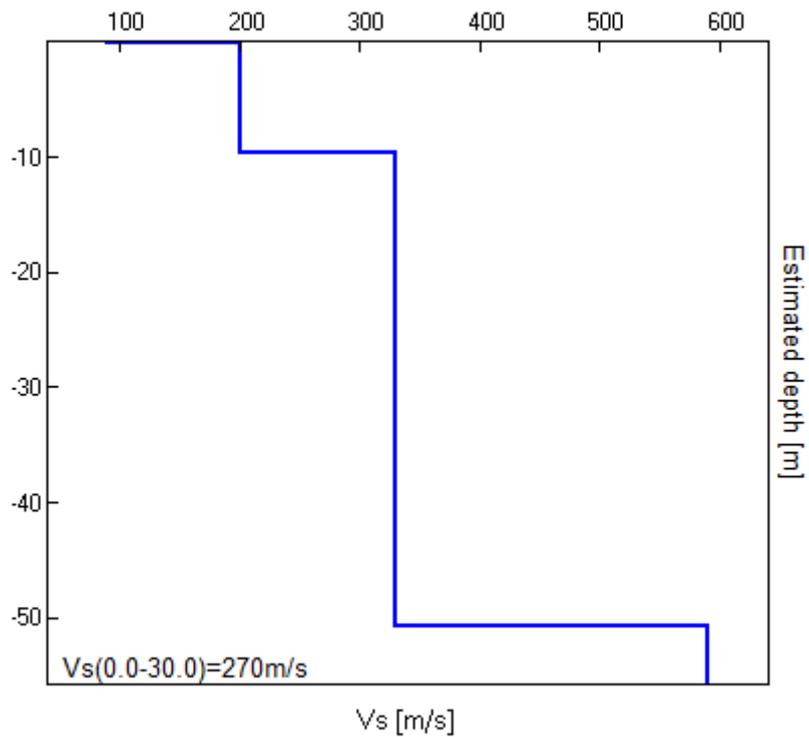
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $1.56 \pm 0.17$  Hz. (In the range 0.0 - 22.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	90	0.42
9.70	9.50	200	0.42
50.70	41.00	330	0.42
inf.	inf.	590	0.42

Vs (0.0 - 30.0) = 270m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $1.56 \pm 0.17$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 22.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.56 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$1625.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 76	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.0 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	2.281 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.92 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.10702  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.16722 < 0.15625$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.5243 < 1.78$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## MICROZONAZIONE FORINO, SP30 6

COORDINATE – Latitudine: 40.858549 - Longitudine: 14.720355

Strumento: TRZ-0128/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala:  $\pm 1.2$  mm/s

Sensibilità: 0.15 micrometri/s

Frequenza sismometro: 0.8 Hz

Inizio registrazione: 22/10/19 14:20:54 Fine registrazione: 22/10/19 14:40:53

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 83% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

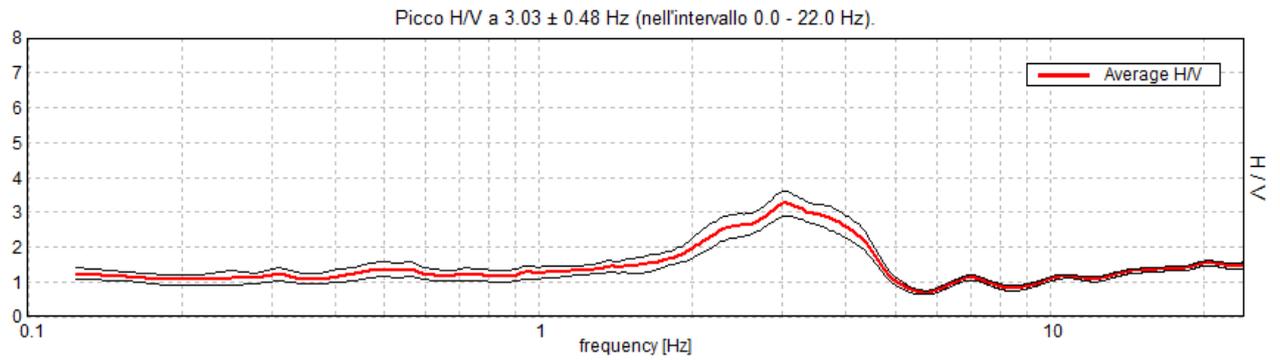
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

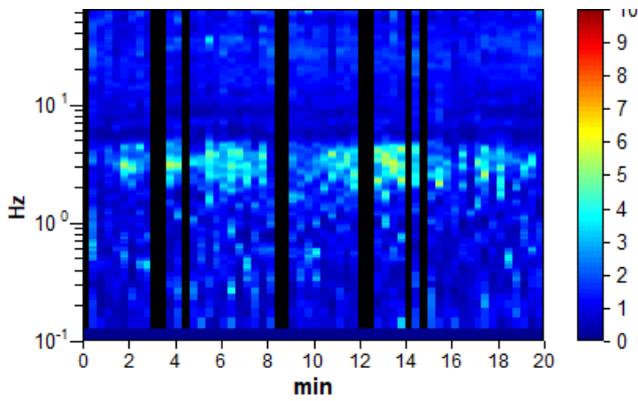
Lisciamento: 10%



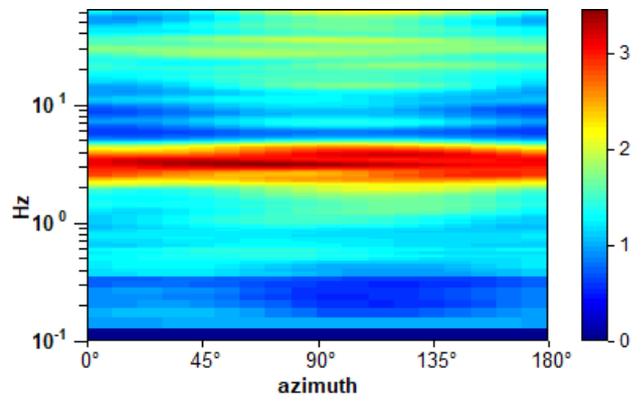
### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE



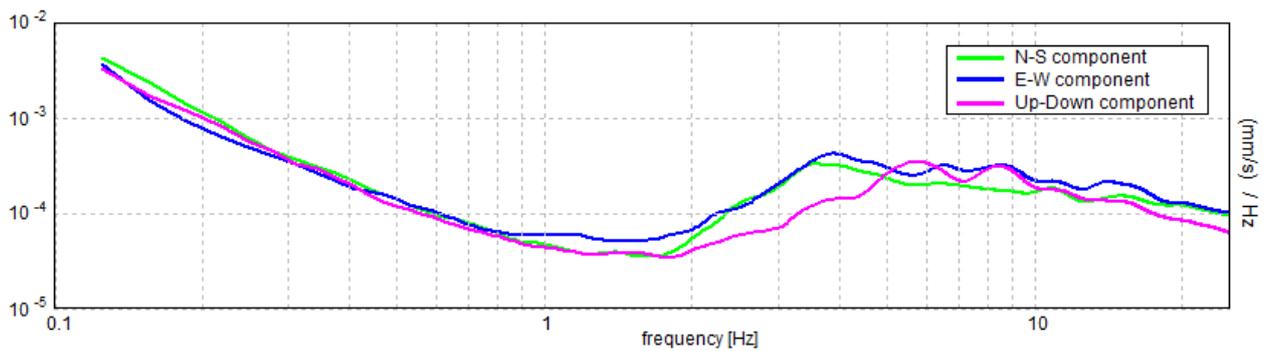
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

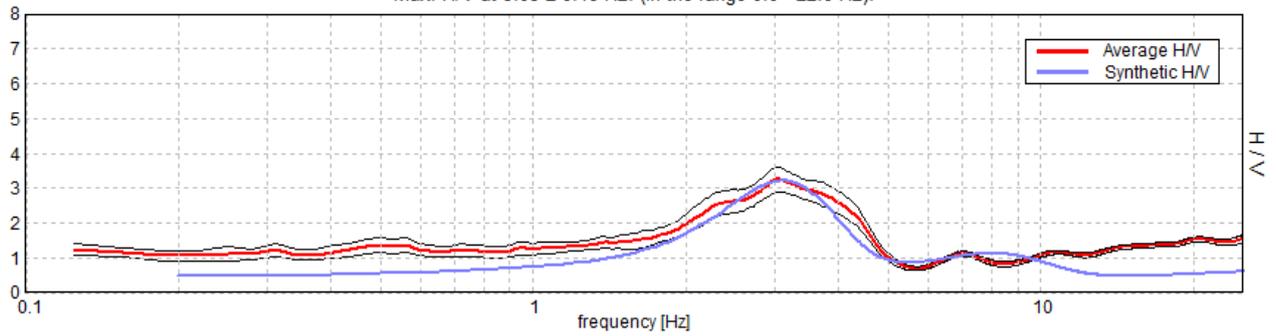


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



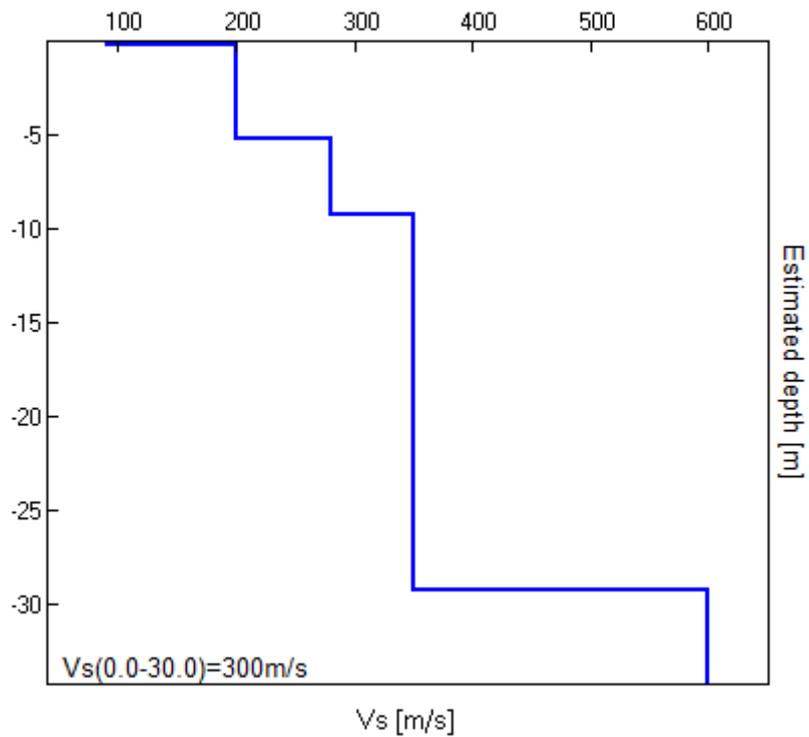
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $3.03 \pm 0.48$  Hz. (In the range 0.0 - 22.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	90	0.42
5.20	5.00	200	0.42
9.20	4.00	280	0.42
29.20	20.00	350	0.42
inf.	inf.	600	0.42

Vs(0.0-30.0)=300m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $3.03 \pm 0.48$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 22.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.03 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3031.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 146	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.75 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	4.656 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$3.26 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.15943  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.48328 < 0.15156$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.355 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## MICROZONAZIONE FORINO, VIA GUGLIELMO MARCONI 7

COORDINATE – Latitudine: 40.864558 - Longitudine: 14.735732

Strumento: TRZ-0128/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala:  $\pm 1.2$  mm/s

Sensibilità: 0.15 micrometri/s

Frequenza sismometro: 0.8 Hz.

Inizio registrazione: 22/10/19 14:50:52 Fine registrazione: 22/10/19 15:10:51

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

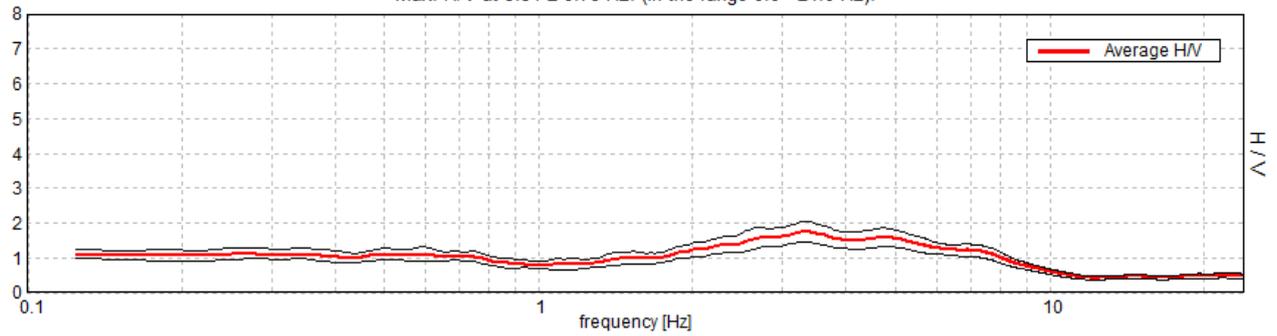
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

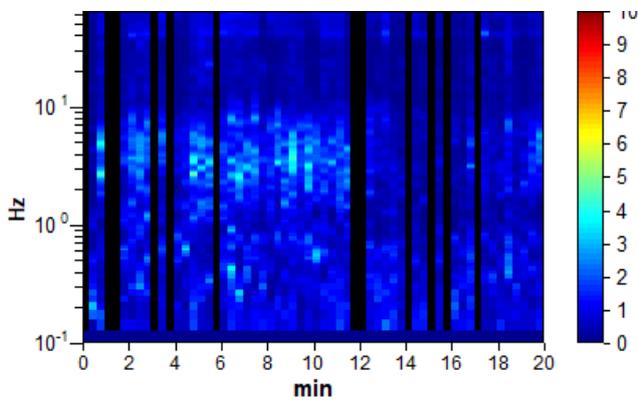


### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

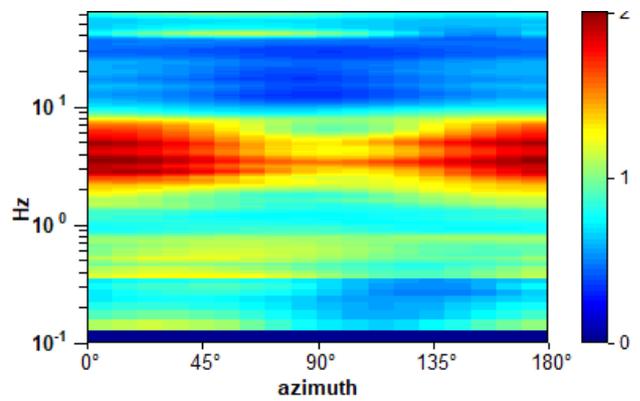
Max. H/V at 3.31 ± 0.78 Hz. (In the range 0.0 - 24.0 Hz).



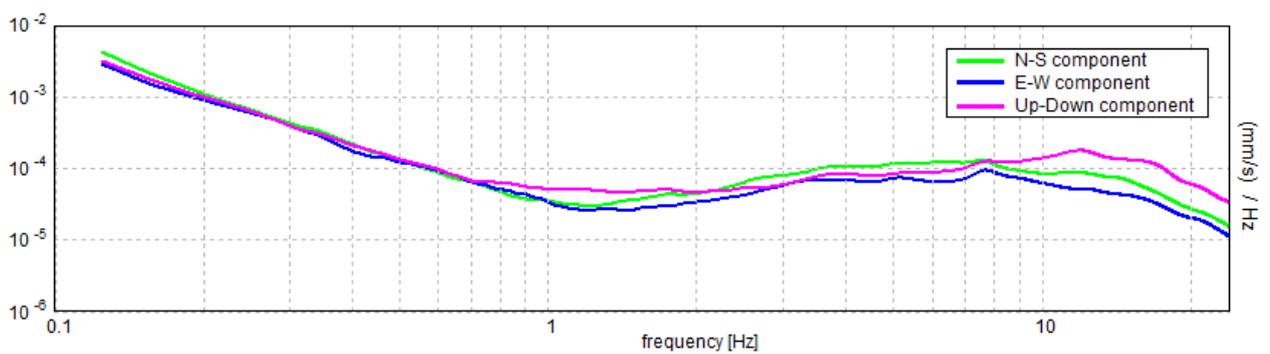
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

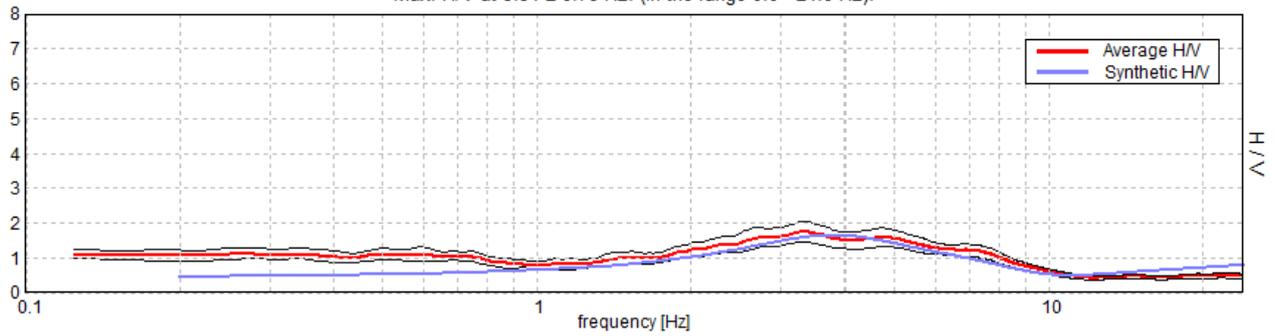


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



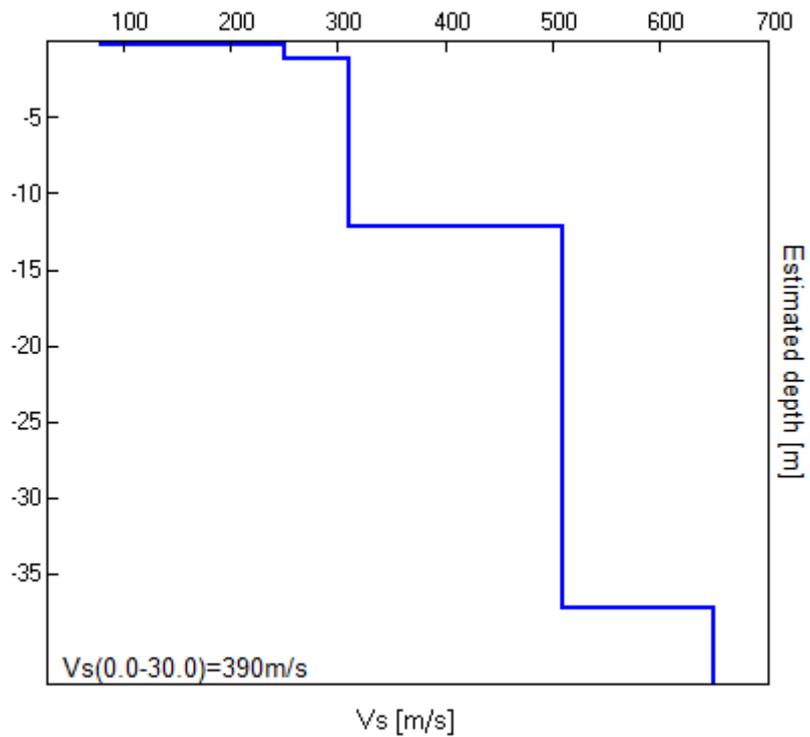
H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $3.31 \pm 0.78$  Hz. (In the range 0.0 - 24.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	80	0.42
1.20	1.00	250	0.42
12.20	11.00	310	0.42
37.20	25.00	510	0.42
inf.	inf.	650	0.42

Vs(0.0-30.0)=390m/s



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $3.31 \pm 0.78$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 24.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$3.31 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$3180.0 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 160	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	1.313 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	8.438 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$1.75 > 2$		NO
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.23462  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.77718 < 0.16563$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.2978 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

## MICROZONAZIONE FORINO, CIMITERO 8

COORDINATE – Latitudine: 40.860541 - Longitudine: 14.749341

Strumento: TRZ-0128/01-10

Formato dati: 16 byte

Fondo scala:  $\pm 1.2$  mm/s

Sensibilità: 0.15 micrometri/s

Frequenza sismometro: 0.8 Hz

Inizio registrazione: 22/10/19 15:20:53 Fine registrazione: 22/10/19 15:40:53

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Durata registrazione: 0h20'00". Analizzato 90% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

Lunghezza finestre: 20 s

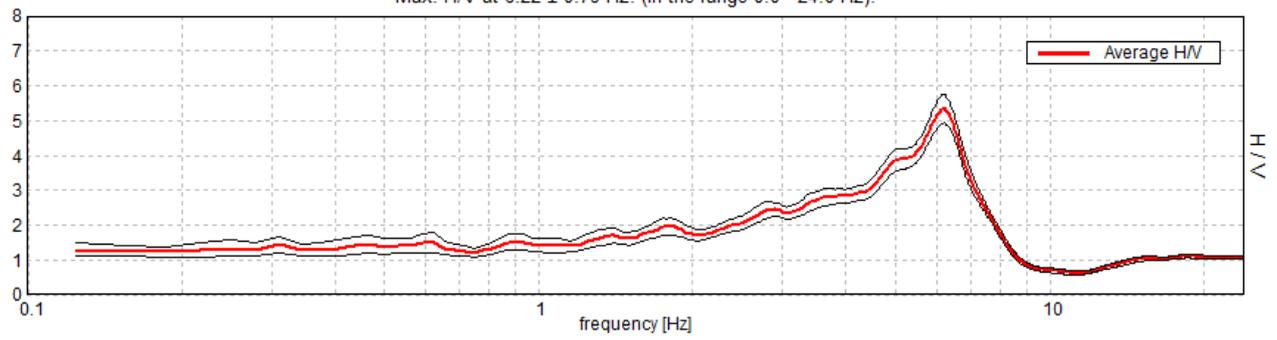
Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

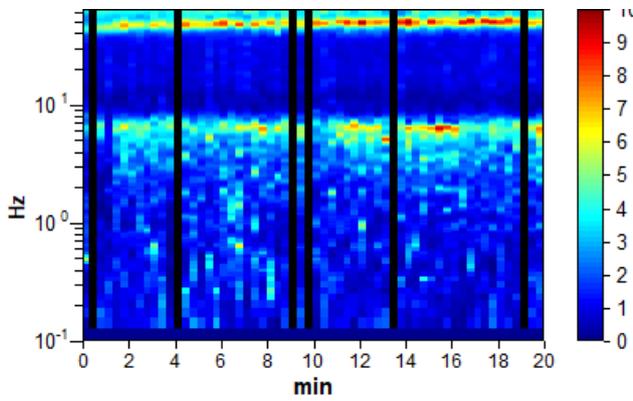


### RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

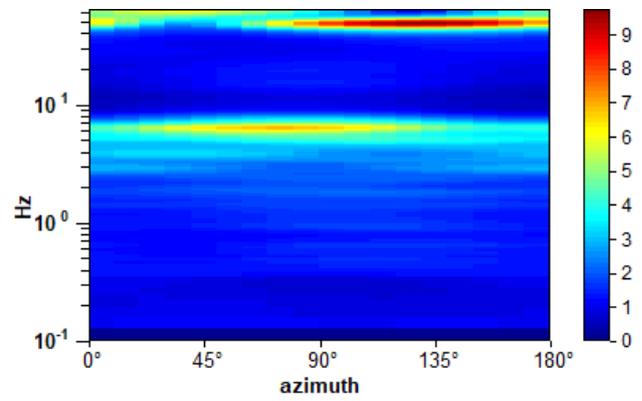
Max. H/V at 6.22 ± 0.79 Hz. (In the range 0.0 - 24.0 Hz).



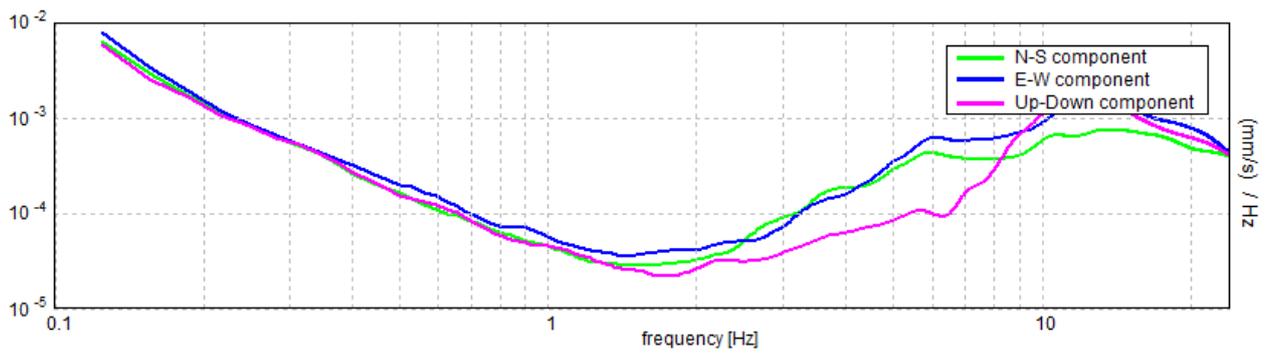
### SERIE TEMPORALE H/V



### DIREZIONALITA' H/V

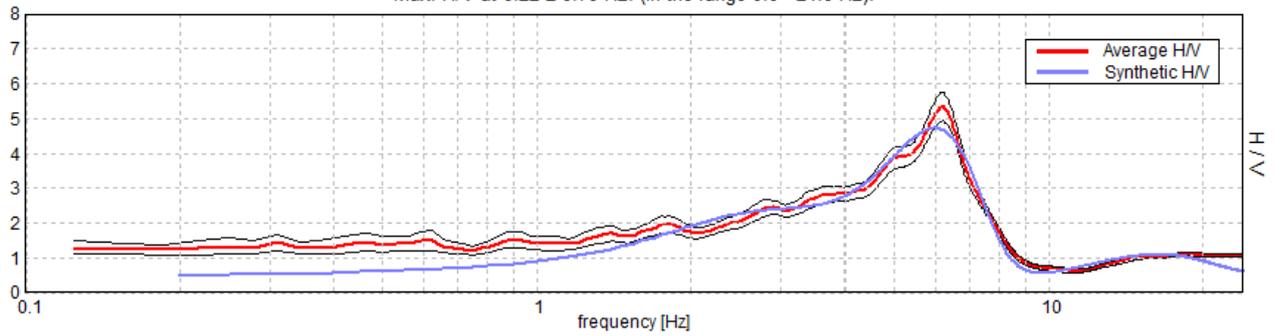


### SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI



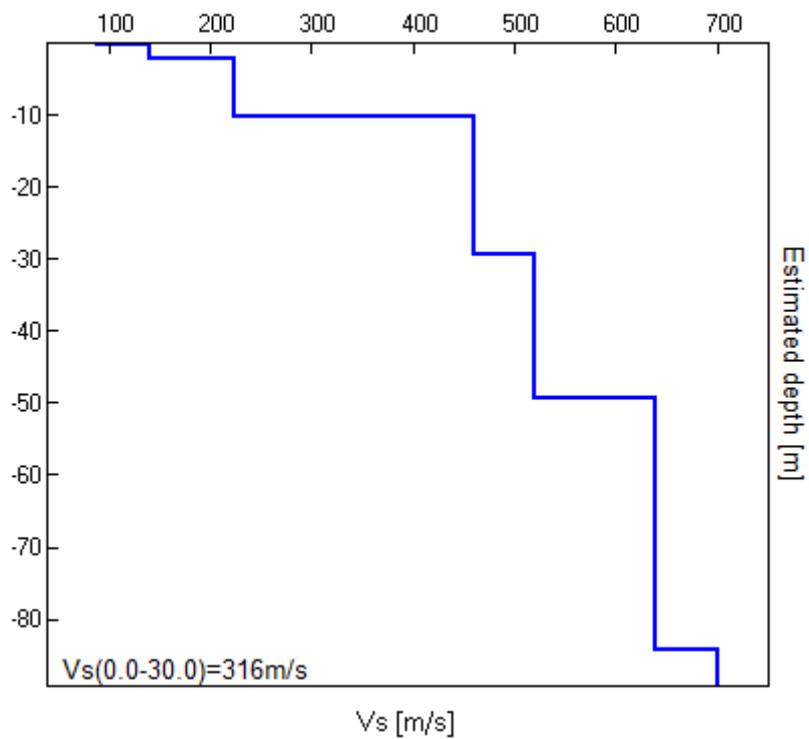
### H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO

Max. H/V at  $6.22 \pm 0.79$  Hz. (In the range 0.0 - 24.0 Hz).



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	90	0.42
2.20	2.00	140	0.42
10.20	8.00	225	0.42
29.20	19.00	460	0.42
49.20	20.00	520	0.42
84.20	35.00	640	0.42
inf.	inf.	700	0.42

$V_s(0.0-30.0)=316\text{m/s}$



[Secondo le linee guida SESAME, 2005. Si raccomanda di leggere attentamente il manuale di Grilla prima di interpretare la tabella seguente].

**Picco H/V a  $6.22 \pm 0.79$  Hz (nell'intervallo 0.0 - 24.0 Hz).**

**Criteri per una curva H/V affidabile**

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$6.22 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$6716.3 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Superato 0 volte su 300	OK	

**Criteri per un picco H/V chiaro**

[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	3.406 Hz	OK	
Esiste $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	7.375 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$5.34 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.12627  < 0.05$		NO
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.78524 < 0.31094$		NO
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4115 < 1.58$	OK	

$L_w$	lunghezza della finestra
$n_w$	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
$f$	frequenza attuale
$f_0$	frequenza del picco H/V
$\sigma_f$	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f_0$
$A_{H/V}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza $f$
$f^-$	frequenza tra $f_0/4$ e $f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequenza tra $f_0$ e $4f_0$ alla quale $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{H/V}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log H/V}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{H/V}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per  $\sigma_f$  e  $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20